



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**Lo studio del cambiamento cognitivo con dati sperimentali  
attraverso la triangolazione di tecniche**

**Isabella Latini**

**Dottorato di Ricerca in Metodologia delle Scienze Sociali**

**Facoltà di Scienze Politiche, Sociologia, Comunicazione**

**Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale (CO.RI.S.)**

**Ciclo XXIV**

*A chi crede nell'impossibile  
e si impegna ogni giorno per raggiungerlo*

# Indice

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| <b>Ringraziamenti .....</b> | <b>8</b> |
|-----------------------------|----------|

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| <b>Introduzione .....</b> | <b>9</b> |
|---------------------------|----------|

## **Prima parte: L'esperimento nelle scienze sociali**

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capitolo 1 – La ricerca sperimentale .....</b> | <b>13</b> |
|---------------------------------------------------|-----------|

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.1 Il metodo sperimentale come strategia di ricerca condivisa .....</b> | <b>13</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1.2 La storia dell'esperimento .....</b> | <b>14</b> |
|---------------------------------------------|-----------|

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.3 Gli elementi del processo di imputazione causale .....</b> | <b>18</b> |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <i>1.3.1 Il concetto di causa .....</i> | <i>19</i> |
|-----------------------------------------|-----------|

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.4 Classificazioni e tassonomie degli esperimenti. Alcune proposte .....</b> | <b>24</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.1 Classificazione in base al setting .....</i> | <i>25</i> |
|-------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.2 Classificazione in base al controllo della validità .....</i> | <i>28</i> |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.3 Tassonomia in base al numero e all'assegnazione delle condizioni sperimentali .....</i> | <i>32</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.4 Tassonomia in base al numero e alla temporalità delle osservazioni .....</i> | <i>35</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.5 Tassonomia in base al numero di soggetti, al numero e all'equivalenza dei gruppi .....</i> | <i>38</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <i>1.4.6 Tipologia sintetica finale .....</i> | <i>40</i> |
|-----------------------------------------------|-----------|

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.5 L'esperimento nelle scienze sociali .....</b> | <b>42</b> |
|------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capitolo 2 – Il processo di validazione nell'esperimento .....</b> | <b>45</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.1 Il processo di validazione nell'esperimento .....</b> | <b>45</b> |
|--------------------------------------------------------------|-----------|

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <i>2.1.1 La validità sperimentale .....</i> | <i>46</i> |
|---------------------------------------------|-----------|

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.2 Le minacce alla validità sperimentale .....</b> | <b>48</b> |
|--------------------------------------------------------|-----------|

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>2.3 Il controllo sperimentale .....</b> | <b>49</b> |
|--------------------------------------------|-----------|

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.4 Le minacce e i controlli alla validità interna .....</b> | <b>53</b> |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                        |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 2.4.1 Le minacce legate ad un controllo imperfetto dei fattori legati al tempo.....    | 54            |
| 2.4.2. Le minacce legate alla selezione dei gruppi di soggetti .....                   | 57            |
| 2.4.3 Le minacce legate alla misurazione degli effetti .....                           | 59            |
| <b>2.5 Le minacce e i controlli alla validità esterna .....</b>                        | <b>60</b>     |
| 2.5.1 Le minacce legate alla selezione dei soggetti .....                              | 61            |
| 2.5.2 Le minacce legate ad un controllo imperfetto dello sperimentatore .....          | 62            |
| 2.5.3 Le minacce legate alla reattività dei soggetti .....                             | 65            |
| <b>2.6 Le minacce e i controlli alla validità di costruito .....</b>                   | <b>69</b>     |
| 2.6.1 Le minacce legate al rapporto di indicazione .....                               | 69            |
| 2.6.2 Le minacce legate alla concettualizzazione del trattamento<br>sperimentale ..... | 70            |
| <b>2.7 Le minacce e i controlli alla validità statistica .....</b>                     | <b>70</b>     |
| 2.7.1 Le minacce legate ad un uso improprio della statistica .....                     | 71            |
| <br><b>Capitolo 3 – Il disegno della ricerca.....</b>                                  | <br><b>72</b> |
| <b>3.1 Il disegno quasi-sperimentale con gruppo di controllo non equivalente .....</b> | <b>72</b>     |
| 3.1.1 La procedura di campionamento e la selezione dei casi .....                      | 73            |
| 3.1.2 Il trattamento sperimentale .....                                                | 76            |
| 3.1.2.1 Il modello teorico di analisi del cambiamento cognitivo .....                  | 78            |
| 3.1.3 Lo strumento di rilevazione delle informazioni .....                             | 83            |
| <b>3.2 Le minacce alla validità del disegno e il controllo delle stesse.....</b>       | <b>86</b>     |
| 3.2.1 Le minacce e i controlli alla validità interna .....                             | 86            |
| 3.2.2 Le minacce e i controlli alla validità esterna .....                             | 90            |

## **Seconda parte: L'analisi del cambiamento cognitivo**

|                                                                                                        |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Capitolo 4 – La concettualizzazione del cambiamento cognitivo .....</b>                             | <b>95</b>      |
| <b>4.1 Introduzione .....</b>                                                                          | <b>95</b>      |
| <b>4.2 La concettualizzazione del cambiamento cognitivo .....</b>                                      | <b>96</b>      |
| <b>4.3 Le dimensioni del cambiamento cognitivo .....</b>                                               | <b>102</b>     |
| <i>4.3.1 La definizione teorica e le dimensioni delle conoscenze in tema di radiazioni.....</i>        | <i>103</i>     |
| <br><b>Capitolo 5 – L'operazionalizzazione del cambiamento cognitivo .....</b>                         | <br><b>106</b> |
| <b>5.1 Introduzione .....</b>                                                                          | <b>106</b>     |
| <b>5.2 L'operazionalizzazione del cambiamento cognitivo .....</b>                                      | <b>106</b>     |
| <i>5.2.1 Gli indicatori delle conoscenze in tema di radiazioni.....</i>                                | <i>107</i>     |
| <br><b>Capitolo 6 – L'analisi del cambiamento cognitivo .....</b>                                      | <br><b>116</b> |
| <b>6.1 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'approccio AMD .....</b>                        | <b>116</b>     |
| <b>6.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso le tabelle doppie.....</b>                       | <b>120</b>     |
| <i>6.2.1 L'analisi del miglioramento cognitivo .....</i>                                               | <i>171</i>     |
| <i>6.2.2 L'analisi del peggioramento cognitivo .....</i>                                               | <i>174</i>     |
| <i>6.2.3 L'analisi della stabilità cognitiva.....</i>                                                  | <i>177</i>     |
| <b>6.3 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso gli indici sintetici .....</b>                   | <b>182</b>     |
| <i>6.3.1 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice sintetico per somma .....</i>         | <i>182</i>     |
| <i>6.3.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso gli indici sintetici a T1 e a T2.....</i>      | <i>185</i>     |
| <i>6.3.3 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice di cograduazione di Spearman.....</i> | <i>187</i>     |
| <i>6.3.4 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice per differenza .....</i>              | <i>188</i>     |
| <i>6.3.5 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice temporale .....</i>                   | <i>189</i>     |
| <i>6.3.6 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso gli indici di miglioramento .....</i>          | <i>190</i>     |
| <i>6.3.7 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice tipologico.....</i>                   | <i>192</i>     |
| <b>6.4 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso le tabelle multiple.....</b>                     | <b>194</b>     |

|                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.4.1 Il fattore di contesto “città” .....                                                           | 196        |
| 6.4.2 Il fattore di contesto “tipo di scuola” .....                                                  | 202        |
| 6.4.3 Il fattore di contesto “percorso formativo” .....                                              | 206        |
| 6.4.4 Il fattore di contesto “capitale culturale” .....                                              | 209        |
| 6.4.5 Il fattore di contesto “genere” .....                                                          | 213        |
| 6.4.6 Il fattore di meccanismo “approfondimento personale” .....                                     | 217        |
| <b>6.5 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso l’Anova one way.....</b>                       | <b>221</b> |
| 6.5.1 La tecnica .....                                                                               | 221        |
| 6.5.2 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso il fattore “Appartenenza al gruppo” ..          | 223        |
| <b>6.6 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso l’Anova fattoriale .....</b>                   | <b>232</b> |
| 6.6.1 I fattori “appartenenza al gruppo” e “città” .....                                             | 233        |
| 6.6.2 I fattori “appartenenza al gruppo” e “tipo di scuola” .....                                    | 237        |
| 6.6.3 I fattori “appartenenza al gruppo” e “percorso formativo” .....                                | 240        |
| 6.6.4 I fattori “appartenenza al gruppo” e “capitale culturale” .....                                | 241        |
| 6.6.5 I fattori “appartenenza al gruppo” e “genere” .....                                            | 244        |
| 6.6.6 I fattori “appartenenza al gruppo” e “approfondimento personale” .....                         | 246        |
| <b>6.7 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso le statistiche per campioni appaiati .....</b> | <b>248</b> |
| 6.7.1 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso il T test .....                                 | 249        |
| 6.7.2 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso il test di Wilcoxon .....                       | 252        |
| 6.7.3 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso il test di McNemar .....                        | 254        |
| <b>6.8 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso la Multiway Analysis .....</b>                 | <b>260</b> |
| 6.8.1 La tecnica .....                                                                               | 261        |
| 6.8.2 I risultati .....                                                                              | 267        |
| 6.8.2.1 L’analisi dell’interstruttura.....                                                           | 268        |
| 6.8.2.2 L’analisi dell’intrastruttura.....                                                           | 270        |
| 6.8.2.3 L’analisi delle categorie di studenti e l’individuazione di cluster .....                    | 282        |
| <b>6.9 L’analisi del cambiamento cognitivo attraverso il Modello di Rasch .....</b>                  | <b>297</b> |
| 6.9.1 La tecnica .....                                                                               | 297        |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.9.2 I risultati .....                                                        | 302 |
| 6.9.2.1 Le stime delle abilità dei soggetti e delle difficoltà degli item..... | 303 |
| 6.9.2.2 L'adattamento dei dati osservati al modello teorico .....              | 309 |
| 6.9.2.3 I profili degli studenti più abili e meno abili nel tempo .....        | 311 |

## **Terza parte: La triangolazione delle tecniche**

|                                                                                                 |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Capitolo 7 – La triangolazione nella ricerca sociale: alcune considerazioni conclusive..</b> | <b>317</b>     |
| 7.1 Introduzione .....                                                                          | 317            |
| 7.2 La triangolazione: origine e definizione del termine .....                                  | 318            |
| 7.3 La sistematizzazione e gli sviluppi della triangolazione nella ricerca sociale.....         | 319            |
| 7.4 La triangolazione delle tecniche di analisi dei dati .....                                  | 321            |
| 7.5 La “stabilità del cambiamento cognitivo” .....                                              | 322            |
| <br><b>Appendice .....</b>                                                                      | <br><b>330</b> |
| <b>Bibliografia .....</b>                                                                       | <b>408</b>     |

## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare il professor Fasanella perché il suo *modus operandi* ha rappresentato in questi anni una guida in tutto il procedere del mio percorso universitario. A lui va tutta la mia stima.

Ringrazio la Professoressa Fraire per avermi guidato e illuminato nelle fasi tecniche.

Un ringraziamento speciale va anche al professor Giampaglia per il supporto tecnico che mi ha fornito, senza risparmiare le sue energie e il suo tempo.

Intendo ringraziare anche l'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA) per il progetto di ricerca che mi ha portato a realizzare il lavoro.

Ringrazio tutti coloro che hanno seguito e vissuto con me l'intero percorso perché mi hanno stimolato indirettamente con il loro esempio e direttamente con i loro consigli ad insistere e persistere nei momenti più duri senza mai scoraggiarmi.

Un sentito grazie, infine, va a tutti coloro che hanno fatto parte in questi anni del Dipartimento di Ricerca sociale e Metodologia Sociologica (RiSMeS), professori, colleghi e amici, perché ognuno di loro ha contribuito a far crescere e sedimentare la mia passione per la ricerca sociale.

## Introduzione

Il presente lavoro di tesi si propone l'obiettivo di studiare in maniera sistematica il cambiamento cognitivo attraverso la disponibilità di dati sperimentali in un'ottica di triangolazione delle tecniche.

La *prima parte* del lavoro consiste in una introduzione alla *logica sperimentale*, come la più efficace metodologia di ricerca quando si tratta di osservare un certo effetto in seguito all'introduzione di un certo stimolo. In questa sezione si illustra la storia dell'esperimento, i tratti distintivi, (la nozione di causa e il processo di imputazione causale), e l'impiego di tale strategia nella ricerca sociale. La sua *potenza* consiste proprio nella possibilità di osservare e rilevare l'effetto prodotto dall'ingresso intenzionale della variabile manipolata e di misurare statisticamente la significatività dell'esito, e quindi l'efficacia del trattamento. Questo punto di forza della ricerca sperimentale vera e propria costituisce un punto di debolezza nel campo delle scienze sociali nei termini della difficoltà di stabilire l'interpretazione causale. L'interesse sostantivo per la logica sperimentale si traduce nell'*interesse metodologico di valorizzare questa strategia di ricerca in un campo come quello sociologico* restio all'utilizzo di tale tecnica per una serie di problematiche che ne rendono arduo l'impiego<sup>1</sup>. Le numerose difficoltà non devono rappresentare un alibi di impraticabilità ma, al contrario, un maggiore impegno nella direzione dell'utilizzo di tale logica anche in ambito sociologico. Quest'ultimo aspetto ha condotto ad una rassegna delle differenti tipologie di disegni sperimentali utilizzati nelle scienze sociali. Il processo di imputazione causale ha portato, in particolare, alla riflessione sulla *validità sperimentale*, articolata nelle diverse forme (interna, esterna, costruito e statistica) e alla descrizione, con un tentativo di sistematizzazione, degli innumerevoli elementi di disturbo e alla relativa neutralizzazione.

L'obiettivo conoscitivo della tesi, ossia lo *studio del cambiamento cognitivo*, viene raggiunto attraverso la disponibilità di dati longitudinali ottenuti mediante un *disegno di ricerca di tipo quasi-sperimentale con gruppo di controllo non equivalente*. Tale lavoro, inserito in un programma di ricerca più ampio diretto dal Prof. Fasanella per conto dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA) (cfr. Fasanella, Maggi, a c. di, 2011), si occupa di stabilire l'efficacia di un intervento formativo su un campione di studenti delle scuole superiori del Lazio mediante

---

<sup>1</sup> «Il metodo sperimentale è una forma del procedere della mente, un ragionamento che ha la propria logica ma anche le proprie esigenze tecniche. Esso procede senza fretta, ma a chi ne accetta la lentezza, ossia la fatica, offre la gioia di certezze, forse parziali, ma definitive» (Fraisie, 1963; tr. it., 1990 p. 63).

una rilevazione precedente e successiva alla campagna di comunicazione. Si indaga, nello specifico, sulle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti e la lezione rivolta al target di riferimento verte su questo argomento. Tale evento può essere meglio valutato attraverso il confronto tra due gruppi in cui il campione viene suddiviso: un gruppo sperimentale sottoposto all'intervento e un gruppo che non ha usufruito della formazione e per questo motivo funge da controllo rispetto al primo. In questa sezione pertanto si illustra il disegno della ricerca. Esso prevede la *procedura di campionamento*, che consiste nella selezione di studenti di istituti medio-superiori di quattro città del Lazio; il *trattamento sperimentale*, rappresentato da una campagna informativa sui rischi da esposizione a fonti di radioattività; il *modello teorico di analisi del cambiamento cognitivo*, inserito nella cornice del realismo scientifico; in base ad esso, l'esito in termini di miglioramento delle conoscenze in tema di radioattività sono determinate dall'intervento formativo e dalle sue relazioni con le terze variabili (di contesto e di meccanismo); lo *strumento di rilevazione*, ossia un questionario somministrato prima e dopo l'intervento che rileva le conoscenze in due intervalli temporali e quindi un eventuale cambiamento cognitivo.

La *seconda parte* rappresenta il *core* della tesi in cui si delinea una definizione teorica di *cambiamento cognitivo* applicato alla logica sperimentale, definito in termini generici come interruzione di continuità tra due o più strutture di invarianza. Seguendo il modello procedurale di Lazarsfeld (cfr. Boudon, Lazarsfeld, 1965; tr. it., 1969) che conduce alla misurazione di concetti complessi e non direttamente osservabili, si passa dalla concettualizzazione all'operativizzazione del cambiamento cognitivo in tema di radiazioni ionizzanti entro una prospettiva multioperazionistica attraverso molteplici strumenti. Il modello concettuale di cambiamento cognitivo in ottica sperimentale viene messo alla prova nella fase di analisi dei dati attraverso più strumenti. Si parte dalle analisi più semplici, ma non per questo meno informative, a quelle che possiedono una maggiore complessità. Sono state utilizzate *tabelle multiple* che mettono in relazione i dati nei due momenti di rilevazione stratificandoli in base all'appartenenza al gruppo. Ciò consente di dar conto del cambiamento delle conoscenze sia in termini quantitativi (in quanti soggetti si è registrato il cambiamento nelle conoscenze? Che differenze quantitative ci sono tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo?) sia in termini qualitativi (quale forma assume il cambiamento in termini di miglioramento e peggioramento? Che differenze qualitative si riscontrano tra i due gruppi?). Sono stati inoltre costruiti differenti *indici sintetici di cambiamento*, proponendo un primo confronto tra i risultati scaturiti da tali misure.

Attraverso il superamento del modello comportamentista si abbraccia *un'impostazione realista* che consente di dar conto in maniera più profonda e dettagliata del cambiamento cognitivo, introducendo, accanto alla variabile sperimentale, un *terzo fattore* che sia in grado di spiegarlo

(fattore di contesto) ed interpretarlo (fattore di meccanismo). Ulteriori tabelle sono state costruite prendendo in considerazione anche le terze variabili che suddividono i campioni sperimentale e di controllo in ulteriori sottogruppi.

Si è scelto di trattare i risultati a disposizione con l'applicazione di uno degli strumenti classici per i dati sperimentali, ossia *l'Analisi della Varianza*. Vengono applicati diversi modelli di Anova one-way, considerando il fattore dell'intervento formativo, e di Anova fattoriale con lo scopo di mettere al vaglio i modelli della specificazione e dell'interpretazione attraverso l'utilizzo, accanto al fattore del trattamento sperimentale, di una variabile di contesto o di meccanismo.

Attraverso le *statistiche tipiche per campioni appaiati* si è inoltre indagato all'interno di ciascun sottocampione il cambiamento cognitivo utilizzando differenti indici nell'ottica della triangolazione dei risultati.

Successivamente si passa ad un approccio di tipo multidimensionale utilizzando la tecnica della *Multiway analysis* con l'obiettivo di analizzare congiuntamente e simultaneamente i dati rilevati e valutare in entrambi i gruppi la distanza/vicinanza in termini quantitativi tra la prima e la seconda rilevazione. Inoltre, attraverso tale tecnica è stato possibile seguire nel tempo le diverse categorie di soggetti e accertare come si pongono i casi suddivisi in base alle variabili teoricamente rilevanti per studiare il cambiamento mettendo al vaglio anche in questo caso i modelli concettualizzati.

La scelta dell'ultima tecnica per analizzare il cambiamento cognitivo è ricaduta sul *Modello di Rasch*, utilizzato in generale per l'analisi degli atteggiamenti e in particolare per l'analisi delle abilità e delle competenze. Individuato il nucleo duro del test di competenza comune ad entrambi i momenti di rilevazione, si controlla come i due gruppi si comportano in presenza e in assenza dell'intervento formativo. Inserendo nel modello le variabili di stratificazione esplicative del cambiamento si è potuto connotare ciascun soggetto in termini quantitativi (le conoscenze dei soggetti sono cambiate o rimaste stabili?) e qualitativi (quale è la direzione dell'eventuale cambiamento? L'eventuale stabilità è sul livello di alta o bassa competenza?) rispetto al cambiamento delle conoscenze sul tema. Effettuando l'analisi sia per il gruppo sperimentale che per il gruppo di controllo è possibile rispondere a ciascuna domanda recuperando la logica sperimentale attraverso un confronto tra i risultati.

La *terza parte*, infine, verte sull'ultimo punto dell'obiettivo del lavoro: la *triangolazione delle tecniche*. Dopo una prima introduzione al tema in cui si delineano l'origine e gli sviluppi della triangolazione nella ricerca sociale, si passa ad effettuare un confronto dei risultati emersi dall'utilizzo di più tecniche che consentono di indagare la *stabilità del cambiamento cognitivo*. Il

nucleo duro del cambiamento si ipotizza rimanga stabile al di là delle tecniche di volta in volta utilizzate. Attraverso la triangolazione è possibile pervenire ad una doppia valutazione: da un lato si stima la robustezza dei risultati, dall'altro si determinano i punti di forza e di debolezza di ciascuna tecnica.

### 1.1 Il metodo sperimentale come strategia di ricerca condivisa

È possibile definire la ricerca sperimentale come quella strategia che si realizza a seguito di un deliberato intervento modificativo da parte del ricercatore su determinati elementi o eventi, e quindi come tale si contrappone alla forma di esperienza che deriva dall'osservazione dei fatti nel loro spontaneo verificarsi (cfr. Corbetta, 1999, p. 139). Esiste un accordo quasi unanime nel rintracciare come peculiarità dello strumento la manipolabilità della variabile indipendente, ossia l'ingresso intenzionale in una situazione di ricerca di un certo trattamento ad opera dello sperimentatore. L'elemento che viene introdotto può avere una molteplicità di connotazioni: può trattarsi di particelle subatomiche, di barre di metallo, di una siringa contenente del gas, di un farmaco, di un filmato, di un programma educativo, di una politica pubblica, ecc. Dalla pluralità dei trattamenti emerge una certa versatilità della strategia, la cui finalità consiste nell'indagare la relazione di causalità tra due proprietà operativizzate, qualsiasi siano gli oggetti di studio sotto osservazione. L'idea di un unico metodo applicabile a tutte le scienze si può concretizzare nello strumento dell'esperimento la cui finalità di valutazione empirica dei rapporti di causa-effetto è ambita sia dalle scienze naturali sia dalle scienze sociali. Per questo motivo il metodo sperimentale, nato nell'ambito della fisica, della chimica, della biologia e della medicina, è stato importato, in psicologia, e successivamente in tutte le scienze sociali. Tale strategia di ricerca ha prodotto e produce progressi tra i più diversi campi: dallo studio delle particelle subatomiche in fisica per creare nuove particelle non presenti in natura al servizio di altri settori scientifici, alla scoperta di un principio attivo per la guarigione da malattie infettive in chimica, all'individuazione dei fattori di rischio di patologie tumorali in medicina, alla valutazione dell'efficacia di una *policy* pubblica a sostegno di particolari categorie sociali nell'ambito delle politiche sociali, al controllo dell'effetto di innovazioni pedagogiche in campo educativo.

La polivalenza dell'esperimento tuttavia non può dirsi affatto scontata e automatica; la sua adattabilità deve fare i conti sia con le proprietà degli oggetti osservati, sia con i vincoli connessi al grado di sviluppo, alle relative possibilità conoscitive e ai criteri di scientificità di una data disciplina. Le differenze di ordine ontologico e storico tra le scienze, non comportano l'abbandono dell'idea di utilizzare gli stessi strumenti, bensì di adottare strumenti *declinati* in forme diverse che non snaturino la struttura dello stesso ma che tengano conto delle peculiarità di ogni tradizione scientifica. L'esperimento con la sua logica e le sue componenti costitutive, viene ad essere connotato e valorizzato esaltando questi o quegli aspetti che ogni disciplina chiede di considerare.

In definitiva, lo studio e la riflessione metodologica sulla logica e sulle condizioni di applicabilità dell'esperimento, contribuiscono alla crescita e all'accumulazione della conoscenza teorica ed empirica che, conseguenzialmente, conducono sia allo sviluppo evolutivo di ogni disciplina, sia alla mertoniana 'curiosità pratica' che, oltre al desiderio di conoscenza pura, permette di raggiungere valori quali il benessere, la sicurezza e l'efficienza.

## **1.2 La storia dell'esperimento**

La progressiva specializzazione delle discipline scientifiche ha reso sempre più difficile ogni tentativo di definizione coerente e unitaria del loro sviluppo storico. La ricchezza concettuale che caratterizza ciascuna branca rende velleitario delineare una storia universale dell'esperimento mediante un approccio generale che sia capace di misurare i progressi epistemologici, metodologici e tecnologici di tutte le scienze. Nonostante il fascino della semplicità di un approccio olistico, è alto il rischio di incorrere in generalizzazioni artificiose. Per una ricostruzione storica dell'esperimento nelle scienze sociali, è necessario partire dalla concettualizzazione e dalla pratica nelle c.d. scienze *hard*, in quanto propedeutico e cronologicamente antecedente alla riflessione dello strumento nelle c.d. scienze *soft*. Importante ribadire che, nonostante le differenze di utilizzo e gli elementi caratteristici di ciascuna disciplina, il metodo, nel suo principio, resta lo stesso qualunque sia l'oggetto proprio a ciascun procedimento sperimentale. Per agevolare la conoscenza e la comprensione dello sviluppo della strategia tra le varie discipline si ritiene utile procedere in senso cronologico e quindi partire dal metodo sperimentale così come concettualizzato e applicato nelle scienze fisiche fino ad arrivare al suo uso nelle scienze sociali.

L'impiego dell'esperimento così come attualmente concepito, affonda le sue radici nella scienza moderna, e in particolare deve il suo sviluppo ai contributi nella fisica all'interno della quale si delinea un nuovo modo di procedere dell'indagine scientifica, noto come *metodo sperimentale*. Esso si articola in tre fasi: l'osservazione dei fenomeni, la formulazione della teoria e la verifica sperimentale.

L'*osservazione* costituisce il primo livello di conoscenza dei fenomeni. Rispetto alla scienza classica in cui l'osservazione era prevalentemente qualitativa, la scienza sperimentale aggiunge la nuova dimensione della *misurazione*. La raccolta dei dati osservati, infatti, prende in considerazione grandezze rigorosamente misurabili poiché il processo di acquisizione deve fornire una quantificazione di ciò che si osserva. Tale concetto esige una formulazione ben determinata e in virtù di ciò costituisce un elemento integrante dell'intero procedimento sperimentale.

La crescente esigenza di ricavare dalle osservazioni valori accurati e standardizzati, favorisce l'ideazione di apparecchi che riducano al minimo la dipendenza dello sperimentatore dai sensi e dalle osservazioni dirette. Il XVII secolo è infatti caratterizzato anche dalla *precisione* con la quale gli strumenti vengono costruiti per dare dignità all'osservazione scientifica. In particolare, il loro scopo è il potenziamento *delle capacità cognitive dei sensi* dell'uomo, e la vista probabilmente rappresenta il senso più importante. Si possono così vedere cose che prima erano invisibili, e si produrranno manifestazioni visive di altre cose essenzialmente invisibili. Ciò serviva anche a ricordare che i sensi sono intrinsecamente fallibili e richiedono tutta l'assistenza che il filosofo sperimentale può offrire. Altrettanta accuratezza e meticolosità viene profusa nella fase di esecuzione degli esperimenti, le cui procedure vengono registrate con attenzione in appositi protocolli. Vengono scritti libri e riviste in cui si illustra, fase per fase, lo sviluppo di un'indagine sperimentale. Il *protocollo di laboratorio* è utile alla riproduzione, anche a distanza, della conoscenza acquisita. Esso, una volta ultimato, costituisce per lo scienziato un canovaccio dal quale si elabora una sintesi che, risolte tutte le contraddizioni e gli errori apparenti, può essere presentata al pubblico come scoperta coerente.

La seconda fase riguarda la *formulazione della teoria*, che lega le grandezze osservate attraverso relazioni matematiche. La teoria viene elaborata per spiegare le osservazioni (non deriva direttamente da esse) e deve essere in seguito verificata attraverso l'esperimento. Ciò che la scienza della seconda metà del '600 offre di profondamente originale è la *sintesi effettiva di esperimento e analisi teorica*. In tal modo l'esplorazione della natura diviene un processo empirico e intellettuale a un tempo; il lavoro mentale e manuale non operano separatamente ma in stretta collaborazione. La scienza sperimentale diviene al contempo descrittiva ed esplicativa. Il metodo induttivo da solo costituisce uno strumento insufficiente per interpretare l'universo; d'altro canto, la logica deduttiva può fondarsi solo su di una ragionevole rappresentazione di ciò che l'universo può essere. Ciò che si scopre può essere organizzato in un modello di reciprocità tra teoria ed esperimento. Per essere completamente caratterizzato, un esperimento ha bisogno di un modello teorico. Una teoria scientifica è costituita da un insieme di ipotesi in grado di interpretare un gran numero di dati sperimentali. Essa ha il compito di elaborare in forma sistematica i principi generali dai quali dedurre le leggi che governano la materia, scritte in forma matematica. Non può essere interamente spiegata attraverso un esperimento, ma lo deve essere almeno in parte, o meglio, lo devono essere le sue conseguenze. La verifica di una sua parte vale a sostegno dell'intera teoria, se esiste un impianto logico-matematico congruo che lega le sue varie parti. Una teoria, inoltre, deve essere in grado di prevedere i risultati di esperimenti ancora da eseguire.

La *verifica sperimentale*, infine, rappresenta la terza e ultima fase del metodo. Attraverso l'uso di esperienze controllate in laboratorio, lo scienziato deve verificare le ipotesi di cui è composta la teoria. Se l'esperimento, ripetuto più volte, conferma la validità dell'ipotesi, questa è considerata vera.

I *dati di fatto* prodotti sperimentalmente vengono assunti tra i fondamenti della conoscenza scientifica. Essi sono innegabili e permanenti per l'assenza dell'azione umana nella loro genesi in quanto specchio della natura. Costituiscono il risultato di un processo che prevede tre fasi: un'esperienza empirica, il rendersene certi, ed assicurare agli altri che le basi della credenza siano adeguate. Un fatto è una categoria costitutivamente sociale: è un elemento di conoscenza pubblica. La loro produzione si basa sull'uso di tre tecnologie, ognuna delle quali funziona come strumento di oggettivazione: la *tecnologia materiale* rappresenta i risultati dell'azione umana che raccoglie e riproduce i fatti segnando il passaggio dalla doxa all'epistème; la *tecnologia letteraria* permette di creare una comunità sperimentale offrendo una testimonianza valida alla collettività; infine, la *tecnologia sociale* costituisce uno strumento di oggettivazione in quanto la testimonianza pubblica rende visibile la produzione di conoscenza come impresa collettiva correggendo l'azione naturale degli *idola* (cfr. Shapin, Schaffer, 1985; tr. it., 1994).

La comunità scientifica opera in modo collegiale e lo spazio in cui si produce la conoscenza sperimentale è il *laboratorio*, definito con precisione e sorvegliato con rigore. Si tratta di un luogo pubblico ad accesso limitato poiché la testimonianza è considerata efficace se l'esperienza è resa accessibile e al contempo i testimoni sono attendibili e la loro deposizione accreditabile. Vengono codificate le procedure per la *registrazione canonica degli esperimenti*: il registro deve essere firmato da un certo numero di presenti che hanno assistito e sono stati testimoni di tutte le attività e che, apponendo i loro nomi, offrono una testimonianza indubitabile. Dalla nozione quattrocentesca '*laboratorium*' inteso come officina, si passa con l'epoca moderna ad un'accezione sempre più lontana dalla fatica e dallo sforzo fisico per designare un sistema di sperimentazione scientifica ed elaborazione concettuale. Esso pertanto è inteso come spazio in cui si realizzano le condizioni materiali per la replica artificiale e controllata dei fenomeni naturali. Ad esso si deve l'introduzione del termine "*esperimento*". Nonostante l'importanza del laboratorio della pratica di quasi tutte le scienze, non esistono studi che ne abbiano tracciato un profilo storico (cfr. Beretta, 2002). Nel Novecento è molto difficile individuare un paradigma del laboratorio scientifico uniforme. La specializzazione e diversificazione delle discipline scientifiche comportò necessariamente modalità operative diverse.

Ricostruire la storia dell'*esperimento nelle scienze sociali* non è un compito semplice in quanto, nonostante le affinità e le somiglianze tra le discipline lascerebbero pensare ad un coerente ed unitario sviluppo, ognuna di esse presenta caratteristiche evolutive differenti che mal si prestano ad essere ricondotte ad un unico e generale quadro storico. Non solo, ma ogni settore al suo interno presenta *frame* concettuali ed esplicativi spesso molto differenti oltre che differenti metodi di ricerca, con il risultato di produrre un mosaico di conoscenze in cui le tessere si combinano l'una con l'altra. C'è chi sostiene tuttavia che l'adozione del metodo sperimentale dona scientificità ad ogni scienza sociale e consente di ragionare nei termini di uno sviluppo uniforme benché non cronologicamente simultaneo (cfr. Legrenzi, 1980).

La prima scienza sociale che fa da apripista alle altre discipline nell'utilizzo dell'esperimento è la *psicologia*, quando nel 1879 Wundt istituisce a Lipsia il primo laboratorio accettato ufficialmente da una università. Esso era concepito come l'intervento volontario dell'osservatore che manipola e controlla i processi psichici in esame (sensazioni, percezione e memoria) conferendo alla disciplina l'oggettività basata su una precisa descrizione dei metodi e delle procedure, sulla presentazione dei risultati e su un'analisi dei dati divenuta sempre più quantitativa.

Inizialmente le ricerche erano state condotte in laboratori improvvisati, con strumenti approssimativi, con psicologi che erano a turno soggetti e sperimentatori. Successivamente tali studi si caratterizzano oltre che per la sistematicità e l'eshaustività degli esperimenti, per l'esplicitazione del programma di ricerca, degli apparecchi, del materiale stimolo, delle procedure e di un insieme di parametri e variabili applicabili in qualsiasi laboratorio e su altri soggetti. Si diffonde inoltre l'uso d'analisi statistiche che accresce l'idea della mente come prodotto di laboratorio.

Una delle questioni problematiche del disegno sperimentale nelle scienze sociali è il suo *carattere artificiale* che crea una distanza tra il laboratorio e l'ambiente naturale in cui si esplicano i fenomeni oggetto di indagine. Le condizioni di applicabilità dei paradigmi della ricerca sperimentale in tali campi hanno portato alla proposta di disegni di indagine più consoni alle caratteristiche specifiche dei fatti sociali: si pensi ai piani di ricerca quasi-sperimentali. Gli esperimenti in laboratorio fanno spazio agli *esperimenti in ambiente naturale* in cui si progetta la manipolazione di variabili indipendenti e l'osservazione del relativo effetto su gruppi naturali (es. all'interno di scuole, ospedali, caserme, ecc.), ossia in contesti in cui l'isolamento delle variabili e il controllo dei fattori di disturbo diventano operazioni più complesse. La progettazione di disegni in *setting* maggiormente esposti ad una influenza di variabili di confondimento, ma anche l'utilizzo di soggetti umani, porta ad una maggiore attenzione nei confronti delle interazioni tra le variabili in

esame e alla conseguente messa in atto di innumerevoli strumenti di neutralizzazione a diversi livelli della ricerca.

In *ambito pedagogico* la sperimentazione viene intesa come concettualizzazione di una questione posta in sede scolastica che porta solitamente alla progettazione di disegni che prevedono l'introduzione di uno o più trattamenti sui ragazzi, l'osservazione degli effetti e l'attuazione nel contesto scolastico di una prassi pedagogica scaturita dai risultati della ricerca medesima. La parola laboratorio sta ad indicare semplicemente il luogo in cui si elaborano i risultati e si avviano le discussioni; ben di rado vi si incontrano gli studenti. Tuttavia anche in ambito pedagogico le procedure sperimentali devono essere rigide, predefinite, e trattare un numero ridotto di variabili. Lo sviluppo di approcci statistici e di strumenti quantitativi capaci di dare maggior conto della complessità degli eventi pedagogici, consente di rivalutare ed estendere l'ambito della ricerca quantitativa in educazione anche se in modo sempre vigile e critico.

### **1.3 Gli elementi del processo di imputazione causale**

Un esperimento implica un'*ipotesi di relazione causale*, e parlare di rapporto causa-effetto necessita il riferimento e il controllo di tre elementi in successione logica: la covariazione tra la variabile indipendente e la variabile dipendente, la direzione causale e la presenza di fattori esterni (cfr. Corbetta, 1999, p. 133).

L'elemento primario per l'*esistenza di covariazione* tra X e Y consiste nella variazione della variabile indipendente. Evidenziare differenti livelli della variabile indipendente è il primo passo per ipotizzare successivamente l'esistenza di una associazione tra due variabili, e quindi osservare una variazione della variabile Y al variare della X.

La presenza di covariazione non è sufficiente per affermare l'esistenza di un rapporto di causa-effetto così come esprime l'ormai famoso detto '*correlation is not causation*'. Ad un secondo livello occorre accertare la *direzione della associazione*, individuare cioè nella X la causa e nella Y l'effetto, in modo da specificare che il rapporto di covariazione esprime una relazione di causazione. Per poter parlare di rapporto di causa ed effetto ed individuare in esso un agente cui attribuire lo status di causa, è necessario soddisfare determinati requisiti poiché due variabili regolarmente congiunte non implicano necessariamente una relazione di causalità. In particolare la nozione di causa merita un approfondimento che sarà oggetto del successivo paragrafo. Si anticipa soltanto che un requisito essenziale della causa è la capacità del ricercatore di alterare la naturale situazione ed inserire in essa qualcosa che *provochi* un effetto "indotto". In questo senso

Bunge ritiene che uno degli elementi essenziali affinché si possa parlare scientificamente di causa è la produzione (*producing*) o azione (*forcing*) (cfr. Bunge, 1963; tr. it., 1970).

Nella ricerca sperimentale la direzione del legame si controlla attraverso la manipolazione della variabile sperimentale e l'osservazione di una variazione dell'effetto *a seguito della variazione artificiosa* dello stimolo. Inoltre un espediente, orientativo e non vincolante, per l'attribuzione ad una variabile lo status di causa è la *suscettibilità all'influenza*, ossia l'impossibilità logica di una interpretazione nel senso opposto. Un ulteriore criterio è quello di *temporalità*, ossia la causa può essere antecedente, o tutt'al più contemporanea all'effetto, ma non successiva. Infine, altro criterio di determinazione, anch'esso indicativo, è rappresentato dalla *fissità delle variabili* in base alle quali le proprietà per definizione stabili dell'individuo come il sesso, l'età, la razza, non possono che costituire le cause (cfr. Rosenberg, 1968, tr. it., 2003, pp. 32-5).

Una volta stabilito il nesso e la direzione della relazione, bisogna *escludere qualsiasi fattore esterno* in grado di inficiarne la correttezza. In altri termini, si tratta di respingere qualsiasi ipotesi di imputazione causale tra la variabile dipendente e una variabile terza. Ammettere la relazione causale tra X e Y non basta, bisogna eliminare tutte le possibili alternative nel produrre un certo effetto in modo da avere la certezza che Y è stato prodotto da X, e da X soltanto.

Nella ricerca sperimentale il *controllo* delle variabili di disturbo avviene sia a monte sia a valle: in fase di raccolta mediante la manipolazione dello stimolo e la costruzione di un contesto artificiale controllato, in fase di analisi statistica dei dati attraverso il "controllo" e la "depurazione". Se esistesse solamente la seconda forma, ci troveremmo nel dominio dell'analisi non-sperimentale, anche detta analisi della covariazione; ciò che infatti contraddistingue l'esperimento è la manipolazione di X e il controllo del contesto. Il concetto di controllo ha strettissime implicazioni in termini di validità dell'esperimento e ad esso si dedica una riflessione approfondita nel secondo capitolo.

### 1.3.1 Il concetto di causa

Il concetto di *causa* è uno dei più controversi sul piano filosofico e dei più difficili da tradurre in termini operativi. Non rientra negli obiettivi del presente lavoro una rassegna delle diverse concezioni esistenti sulla nozione di causa, nonché dell'attuale dibattito epistemologico, ma si ritiene indispensabile una *concettualizzazione della nozione di causa* così come può essere intesa nell'indagine *sperimentale e quasi-sperimentale*. In termini molto generali, la causa nell'esperimento può essere definita come un'influenza esterna o come un trattamento introdotto, e quindi manipolato dallo sperimentatore, che produce un cambiamento in una certa

unità. La vaghezza di questa definizione rende necessario precisare le proprietà da inserire nella nozione di causa. A seconda degli aspetti che si decide di considerare, si producono differenti concezioni della causalità. Gli elementi definitivi di tale concetto nella logica sperimentale e quasi-sperimentale sono contenuti nel seguente enunciato sotto forma di asserto condizionale:

*se X, allora Y prodotto sempre.*

Le proprietà in esso contenute sono le seguenti (cfr. Blalock, 1961; tr. it., 1967; Bunge, 1963; tr. it., 1970; Bruschi, 1993; Corbetta, 1999):

- *condizionalità*, che costituisce il requisito minimo che ogni legge è tenuto a soddisfare, e consiste nell'assumere la causa come premessa e condizione per il verificarsi del fenomeno. Si pone in antitesi all'incondizionale o arbitrario, ossia a ciò che esiste o accade indipendentemente dalle condizioni o circostanze. Si parla in questo caso anche di *argomentazione della sufficienza* secondo la quale basta la presenza di X affinché si dia anche Y; in altri termini, si assiste all'osservazione di un effetto anche in assenza di una determinata causa poiché non necessariamente esso si verifica in presenza di quella causa. Se si dà X, ne segue anche Y, ma non è inevitabilmente vero il contrario, ossia in presenza di Y potrebbe darsi una causa alternativa a quella teoricamente ipotizzata. Ad esempio l'ingestione di cianuro (X) è causa sufficiente di morte (Y), poiché ogni qualvolta un individuo lo ingerisce muore; tuttavia l'effetto di morte può essere causato anche da altre cause, il cianuro è solo uno dei possibili modi attraverso cui si verifica il decesso. Ciò significa che X è sufficiente ma non necessaria. La relazione tra X e Y indica un rapporto di implicazione probabile e non certo, per cui:

$X \rightarrow Y$  (causa sufficiente)

$\text{non } X \rightarrow Y$  (causa non necessaria)

- *asimmetria della relazione*, poiché la direzione dell'influenza è unidirezionale, e non reciproca o simmetrica; in questo modo si ipotizza che, in termini operativi, una variabile definita come indipendente sia "responsabile" di una variabile definita come dipendente. Se X causa Y, allora una trasformazione in X produce una trasformazione in Y, ma non ne segue che una trasformazione in Y causi una trasformazione in X. L'asimmetria della connessione implica la *successione esistenziale* della causa rispetto all'effetto, e ciò vuol dire che la causa precede esistenzialmente l'effetto e spesso, ma non sempre, ad essa coincide la *successione temporale*, che denota la priorità nel tempo della causa rispetto all'effetto;

- *costanza*, espressa dall'onnipotere "sempre", che indica che ogni qualvolta la causa si verifica, ne segue *invariabilmente* l'effetto. Ad essa è strettamente legata l'argomentazione della sufficienza e della non necessità della relazione causale;
- *connessione genetica*, designa la natura attiva e *produttiva* degli agenti causali. È tale elemento che consente il passaggio dalla relazione di covariazione a quella di causazione. Se X è una causa di Y, una variazione in X produce una variazione in Y, e non semplicemente che un cambiamento in X sia seguito da, o associato a, un cambiamento in Y. Come in parte sottolineato nel paragrafo precedente in relazione alla covariazione, sebbene l'idea di una congiunzione costante possa far parte di una definizione della causalità, la congiunzione non è sufficiente a distinguere una relazione causale dagli altri tipi di associazione. In proposito Blalock seguendo Bunge scrive: «*Per esempio, il giorno è sempre seguito dalla notte, l'infanzia dall'adolescenza, ma noi non pensiamo che il primo fenomeno di ciascuna di queste coppie sia una causa del secondo. L'idea di una produzione o di una azione è assente: i giorni non 'producono' le notti*» (Blalock, 1961; tr. it., 1967, p. 93). Lo stesso intende Bunge, menzionato nel precedente paragrafo, quando dà conto degli elementi di produzione (*producing*) o azione (*forcing*) che distinguono la causazione dalla covariazione.
- la nozione di produzione si lega all'*asimmetria* e alla *successione esistenziale*, ed eventualmente *temporale*, della relazione. In particolare, nell'esperimento l'azione di *forcing* viene intesa come un'azione manipolativa dell'uomo escludendo tutte le cause "naturali". L'approccio antropomorfo di Collingwood o von Wright (Cfr. Bruschi, 1993, p. 78) risponde bene all'esigenza definitoria della causa in ambito sperimentale, poiché si fa coincidere la causa con l'intervento umano;
- *legalità o regolarità*, in base al quale i fatti sono conformi a leggi. Il principio di legalità non richiede tuttavia che ogni fenomeno singolo abbia costantemente luogo in modo identico ogni volta che certe condizioni risultino soddisfatte; la legalità è compatibile con eventi che si verificano in una data percentuale di casi;
- *flessibilità* della determinazione statistica, che si contrappone al carattere univoco del nesso causale. Come anticipato in relazione all'argomentazione della sufficienza, nella riproduzione di una situazione sperimentale si può ipotizzare la relazione tra X e Y come una relazione non certa ma probabile in base alla quale se X allora Y, ma non necessariamente se Y allora X, poiché un effetto si può osservare anche in presenza di altre circostanze. In effetti *non si può dire* che quelle condizioni, e *proprio quelle*, siano

determinanti rispetto all'evento da spiegare e/o prevedere. La presenza di X multiple, il concorrere di più cause, implica la non necessità di quella e solo quella causa. Si potrebbe salvare la condizione di necessità e riammetterla tra le proprietà di una relazione causale ipotizzando la presenza di un *meccanismo* comune sottostante ad ogni insieme di circostanze (cfr. Fasanella, 2010). Questa "*concezione teoricamente allargata dell'esperimento*" (cfr. *ibidem*, p. 10) è compatibile con il realismo scientifico che postula la presenza di *meccanismi* sottostanti che producono interessanti, intricate e significative regolarità cui si richiede di dar conto. La nozione di causa assumerebbe una valenza sufficiente e necessaria se intesa come un meccanismo generativo che, se opportunamente concettualizzato e ancorato al piano empirico, sarebbe capace di spiegare regolarità empiriche. Molteplici insiemi di condizioni come possibili spiegazioni causali rappresenterebbero diverse possibili manifestazioni di uno stesso tratto latente in grado di generare una regolarità. Un'impostazione di questo tipo implica una *accurata riflessione teorica*, e quindi una articolazione delle proposizioni che approfondiscano e siano in grado di dar conto della originaria relazione tra X e Y;

- *multisoggettualità*, che indica che le proprietà della relazione possono essere applicate a soggetti diversi e non solo allo stesso soggetto (monosoggettualità);
- *legittimità*, con la quale si intende che la causa inserita nel modello, più o meno complessa, è il fattore che lo sperimentatore manipola ed il cui effetto è interessato ad osservare. Nella logica sperimentale, e ancora di più in quella quasi-sperimentale, può capitare di avere a che fare oltre che con la causa "legittima"  $X_1$ , con una serie di cause "illegittime"  $X_n$  che vanno ad aggiungersi alla prima e che concorrono alla formazione dell'effetto  $Y_1$  ed eventuale di altri effetti collaterali  $Y_n$ . Tali variabili di disturbo non sono oggetto di manipolazione da parte del ricercatore e spesso sfuggono al suo accertamento oltre che alla sua percezione. Si possono verificare *effetti di interazione* che alterano l'effetto della causa legittima producendo *distorsioni* nella valutazione dell'osservazione dell'evento. La difficoltà di molti esperimenti consiste proprio nella individuazione dei fattori rivali e nel loro controllo;
- *complessità*, che determina la *causa composta*, la quale si oppone alla causa semplice. La prima è definita come il risultato della combinazione di due o più proprietà. Ad esempio la causa della nevrosi di un soggetto potrà essere l'aver subito una carenza affettiva e un trattamento discontinuo da parte dei genitori. Nessuna di queste due proprietà da sola è causa della nevrosi, ma lo è la loro congiunzione. Quando la causa è composta è

importante conoscere le varie connessioni tra le proprietà. La causa semplice, al contrario, è un elemento autonomo nel determinare un certo effetto. In particolare nella ricerca sociale sono molto rare le cause singole, più spesso si tratta di una composizione di diversi antecedenti.

- *concretezza*, per mezzo della quale si parla di *causalità concreta*, in cui la causa e l'effetto sono eventi osservabili. Tale caratteristica si distingue dall'astrattezza che determina una causalità astratta;
- *osservabilità degli enunciati teorici*, legata alla precedente proprietà, che indica che gli asserti della relazione causale sono posti su un piano osservabile. Per questo motivo si parla di *causalità empirica*, opponendola alla causalità teorica in cui l'enunciato non è di dominio empirico.

Il processo di imputazione causale è di *natura* squisitamente *teorica*. È possibile pensare causalmente ed elaborare modelli casuali che abbiano implicazioni *indirettamente verificabili* (cfr. Blalock 1961; tr. it., 1967). In una situazione quasi-sperimentale, una relazione causale tra due variabili non può essere verificata empiricamente, ma possono essere formulate ipotesi sul piano teorico da controllare sul piano osservativo, tenendo costanti tutti i possibili elementi di disturbo tra X e Y. Se le operazioni di controllo della relazione in ipotesi causale e la neutralizzazione di fattori rivali hanno un esito positivo, si ottiene un forte elemento di corroborazione empirica a tale processo.

Nella causalità sperimentale si parla di *analisi controfattuale*. Essa implica che, accanto ad un mondo S in cui in cui C (causa) ed E (effetto) sono presenti nella seguente relazione  $C \rightarrow E$ , si introduce un mondo possibile S' equivalente ad S in tutto, fuorché alla presenza di C.

Nel disegno sperimentale con un gruppo di controllo equivalente, il gruppo sperimentale potrebbe rappresentare il mondo S mentre quello di controllo il mondo possibile S' equivalente al primo mediante una procedura di randomizzazione R:

|                      |   |   |   |   |
|----------------------|---|---|---|---|
| S (mondo)            | R | O | X | O |
| S' (mondo possibile) | R | O |   | O |

Similmente, nel disegno quasi-sperimentale con gruppo di controllo non equivalente, accadrebbe lo stesso con la differenza che i due gruppi, non essendo costituiti tramite procedura di casualizzazione R, non sono perfettamente equivalenti (tuttavia attraverso un confronto tra i due pretest è possibile saggiare la similarità tra i due gruppi):

|                      |   |   |   |
|----------------------|---|---|---|
| S (mondo)            | O | X | O |
| S' (mondo possibile) | O |   | O |

Uno dei limiti della logica controfattuale è dato dalla possibilità di un controllo delle sole ipotesi teoriche, così come della formulazione astratta di un mondo possibile. Al contrario, la logica sperimentale e quasi-sperimentale permettono un'indagine *empirica* delle ipotesi teoriche.

#### 1.4 Classificazioni e tassonomie degli esperimenti. Alcune proposte

Passando in rassegna la manualistica sperimentale, emerge come ogni autore tracci una articolazione dei disegni basata su un principale *fundamentum divisionis* che produce una prima e generale distinzione e, sulla base di essa, enuclei altri sottocriteri che specifichino le precedenti famiglie di esperimenti. Si è notato come esista nello scenario dei piani sperimentali una forte eterogeneità sia terminologica che semantica. A fronte della letteratura metodologica esistente, si individuano i criteri in base ai quali è possibile elaborare una descrizione, il più possibile sistematica, dei piani sperimentali realizzabili. I *fundamenta divisionis*, dai più generali ai più specifici, si riferiscono agli elementi caratteristici che contraddistinguono un esperimento, quali il *setting*, la qualità dell'esperimento, il numero e l'assegnazione delle condizioni sperimentali, il numero e la temporalità delle osservazioni, il numero di soggetti, il numero dei gruppi e l'equivalenza/non equivalenza degli stessi. Essi possono dar vita a differenti strutture concettuali a seconda che vengano considerati singolarmente (classificazioni), oppure congiuntamente, in maniera simultanea (tipologie), o in sequenza logica (tassonomie) (cfr. Marradi, 1990). Tutti i criteri sono strettamente interrelati e rischiano di generare strutture concettuali estremamente complesse e di difficile lettura<sup>2</sup>, oppure ridondanti per il richiamo di alcuni criteri che, a parità di centralità, ricorrerebbero più volte.

Per arginare tali difficoltà, si è scelto di produrre classificazioni, tipologie e tassonomie il più possibile semplici e al contempo esaustive. Tale esposizione non ha alcuna pretesa di essere esauriente e definitiva, ma si tratta di proposte volte all'individuazione dei criteri in base ai quali descrivere la composita varietà dei disegni sperimentali, e alla messa in luce delle eventuali ambiguità concettuali ai fini di una operazione di chiarificazione.

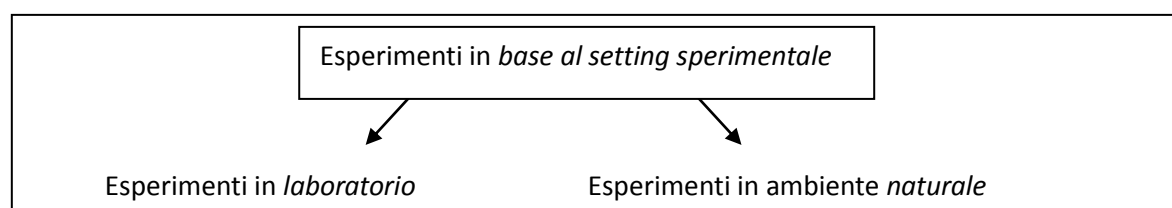
---

<sup>2</sup> Si ricorda che il numero di tipi e di *tàxon* è alto anche se si combinano pochi *fundamenta* con un numero ridotto di classi ciascuno (cfr. Marradi, 2007, p. 58).

#### 1.4.1 Classificazione in base al setting

Un primo elemento in base al quale proporre una classificazione è il *setting*, ossia il contesto entro cui si svolge la ricerca sperimentale. Si tratta di un criterio ad elevato livello di generalità che determina le due grandi famiglie degli *esperimenti in laboratorio* e degli *esperimenti in ambiente naturale*:

Figura 1.4.1 – Classificazione degli esperimenti in base al setting sperimentale



L'esperimento in laboratorio differisce da quello sul campo per la cornice nella quale avviene l'osservazione e la rilevazione, la situazione artificiale nel primo caso, il contesto di vita reale nel secondo. Un esempio storico di esperimento di laboratorio è lo studio di Lavoisier (cfr. Fischer, 1995; tr. it., 1997, pp. 159-72) che esamina la natura della combustione, determinando il passaggio dal paradigma della teoria del flogisto alla legge di conservazione della materia, in base alla quale dimostra che la massa si conserva, in quanto si conservano i principi elementari.

Molti esperimenti in contesto naturale avvengono nelle istituzioni scolastiche. Un famoso esempio è rappresentato dallo studio di Rosenthal e Jacobson che conduce alla concettualizzazione del c.d. "*effetto Pigmalione*" che mette in evidenza come le aspettative degli insegnanti in merito al comportamento degli studenti possano influenzare questi ultimi a tal punto da mettere in atto effettivamente il comportamento atteso (cfr. Rosenthal, Jacobson, 1968).

Le implicazioni che comporta la scelta del contesto in termini di applicabilità e qualità dell'esperimento vengono ricondotte al concetto di *controllo*, declinato nella duplice accezione di: 1) *costruzione* dell'esperimento nei minimi dettagli ai fini della valutazione delle condizioni di realizzazione e 2) *neutralizzazione* delle fonti di disturbo tramite l'isolamento sperimentale (cfr. Corbetta, 1999, p. 146). Su entrambi i versanti il laboratorio risulta l'ambiente ideale sia perché consente di minimizzare l'azione di fattori esterni, sia perché dimostra grande flessibilità consentendo di scegliere le modalità di svolgimento in ipotesi più adeguate. D'altro canto, un esperimento in laboratorio non solo non è sempre realizzabile, ma a volte non è affatto auspicabile. Una delle maggiori obiezioni è che si tratta di imitazioni artificiali e forzate del mondo. C'è tuttavia chi difende gli esperimenti di laboratorio sostenendo che la loro veromiglianza al contesto reale può assumere due forme denominate *realismo sperimentale* e *realismo mondano*

ed è proprio la loro confusione a scatenare le critiche (cfr. Aronson, 2004; tr. it., 2006, p. 443). Quando un esperimento ha un impatto sui partecipanti, li obbliga a prendere sul serio la questione e li coinvolge nella procedura, allora si può parlare di *realismo sperimentale*, mentre quando si pone la questione del grado in cui un esperimento di laboratorio è simile agli eventi che le persone si trovano di frequente a vivere nel mondo reale, si parla di *realismo mondano*. Spesso, a parere di Aronson, la confusione tra i due piani fa sorgere la critica secondo cui gli esperimenti sarebbero artificiali e inutili perché non riflettono il mondo reale. Un esempio emblematico di questa tensione è rappresentato dallo studio di Milgram sull'*obbedienza distruttiva*. L'esperimento prevedeva che ogni partecipante avrebbe dovuto somministrare, sulla base di istruzioni da parte dello sperimentatore, delle cariche elettriche di crescente intensità a soggetti che si trovavano in un'altra stanza. È evidente che tale studio presenta un basso livello di realismo mondano ma al tempo stesso un alto grado di realismo sperimentale. Talvolta accade che negli esperimenti realizzati nelle scienze sociali i due fattori – massimizzare il controllo e creare un impatto verosimile sui partecipanti – si muovano in direzioni opposte: aumentare il primo potrebbe compromettere il secondo, e viceversa. Lo sperimentatore dovrebbe trovare il giusto equilibrio tra il liberare la situazione sperimentale da elementi di disturbo e il renderla il più possibile realistica per i partecipanti. Quando non si riesce ad ottenere realismo mondano, si ottengono effetti distorcenti che artificializzano i risultati e li rendono scarsamente generalizzabili ad altri contesti lontani dal laboratorio, compromettendo la validità esterna dell'esperimento. Non solo, ma quando l'ambiente sperimentale risulti talmente innaturale, si possono produrre innumerevoli rischi come le reazioni da parte dei soggetti, le interazioni tra la variabile indipendente e i processi misurativi e, in definitiva, risultati sperimentali altamente inattendibili. Questo per dire che, quando l'oggetto e gli obiettivi della ricerca rendono impossibile o addirittura fuorviante la situazione del laboratorio, è importante convincersi che la scelta del contesto naturale rappresenta l'alternativa migliore (cfr. Fasanella, 2004, p. 20).

Aronson prende le parti dell'esperimento in laboratorio perché ad esso attribuisce, oltre al maggiore controllo delle fonti di disturbo, anche la randomizzazione di ogni partecipante nell'assegnazione della condizione sperimentale. L'autore tende perciò a far coincidere l'esperimento in laboratorio con l'esperimento randomizzato, distinguendolo dall'esperimento in contesto naturale (cfr. Aronson, 2004; tr. it., 2006, p. 438).

*Tabella 1.4.1 – Differenze tra esperimenti in laboratorio ed esperimenti in contesto naturale di Elliot Aronson*

| <i>Tipo di esperimento</i>       | <i>Setting</i> | <i>Equivalenza/non equivalenza dei gruppi</i> |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Esperimenti in laboratorio       | Laboratorio    | Equivalenti                                   |
| Esperimenti in ambiente naturale | Naturale       | Non Equivalenti                               |

Jones invece ritiene l'equivalenza dei gruppi la caratteristica che getta un ponte tra gli esperimenti in laboratorio e quelli sul campo (cfr. Jones, 1996, tr. fr., 2000, p. 202).

*Tabella 1.4.2 – Somiglianze e differenze tra esperimenti in laboratorio ed esperimenti in contesto naturale di Russell Jones*

| <i>Tipo di esperimento</i>       | <i>Setting</i> | <i>Equivalenza/non equivalenza dei gruppi</i> |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Esperimenti in laboratorio       | Laboratorio    | Equivalenti                                   |
| Esperimenti in ambiente naturale | Naturale       | Equivalenti                                   |

Appare evidente una forte ambiguità semantica nonché l'assenza di un pieno accordo nella presente classificazione dovuta all'utilizzo di differenti elementi per la definizione e caratterizzazione delle sue classi.

Al *setting* è associato il discorso relativo alla *manipolabilità*, nell'ipotesi che all'interno del laboratorio ci sia una maggiore possibilità di controllo e di azione sulla variabile sperimentale. L'opportunità di intervento da parte del ricercatore si piazza lungo un *continuum* e, piuttosto che in termini di presenza-assenza, sarà più esatto parlare di livelli di intervento sulla variabile, i quali dipendono dalla scelta – e in questo caso si parla di contesto naturale – o dalla costruzione – e in questo caso si parla di laboratorio – della situazione sperimentale (cfr. Léon, 1977, p. 95). C'è inoltre chi definisce tale concetto come proprietà discreta e, all'interno del contesto sperimentale, distingue tra '*recherche provoquée*', intesa come capacità del ricercatore di agire in maniera attiva e intenzionale sulla variabile indipendente decidendo quando, come, su chi e cosa, con quali mezzi intervenire, e '*recherche invoquée*', in assenza di questa possibilità di manipolazione, come nel caso dello studio di variazioni naturali o accidentali (cfr. Constandriopulos et al., 1990, pp. 34-7).

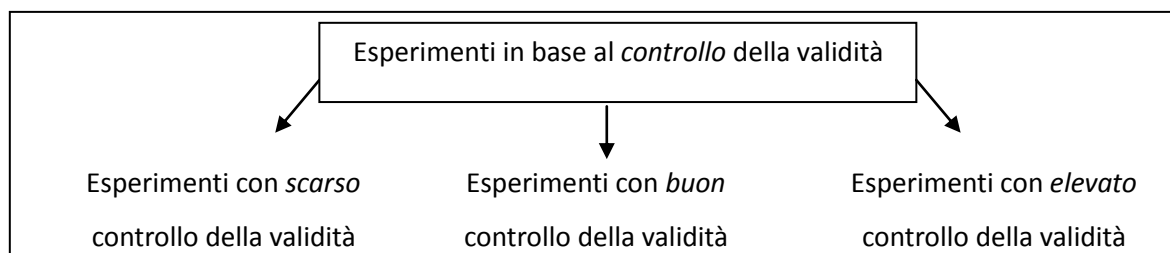
Quanto appena detto conduce legittimamente a pensare che è solo parzialmente sovrapponibile la distinzione tra scienze naturali e scienze sociali, nell'ipotesi che la prima branca faccia uso unicamente degli esperimenti in laboratorio, con un elevato grado di controllo della variabile sperimentale e la seconda di quelli sul campo, con possibilità più ridotte di manipolazione della X. Si è visto che il laboratorio non è contesto esclusivo delle scienze naturali e non si deve pensare ad esso unicamente come ad una stanza sterilizzata, insonorizzata o isolata termicamente, e allo sperimentatore come ad uno scienziato con camice bianco che per strumenti ha microscopi, cilindri graduati e pipette. Corbetta in proposito parla di *laboratorio sperimentale delle scienze sociali* che, non diversamente da quello delle scienze naturali, permette di individuare dalla realtà fatti specifici e di isolarli e depurarli da elementi accidentali (cfr. Corbetta, 1999, p. 146). La psicologia ad esempio, annoverata tra le scienze sociali, si trova a cavallo nella distinzione degli esperimenti in base al *setting* poiché fa uso di entrambe le modalità di contesto. In particolare, Aronson, Brewer e Carlsmith propongono una distinzione degli esperimenti in laboratorio nelle scienze sociali in tre classi: 1) *'impact studies'*, studi in cui è richiesto il coinvolgimento dei soggetti, i quali, per effetto dell'intervento manipolativo, sono portati a comportarsi in maniera differente dall'abituale condotta di una situazione naturale; 2) *'judgement studies'*, esperimenti in cui è richiesto il giudizio dei partecipanti; 3) *'observational studies'*, in cui il trattamento sperimentale è rappresentato dall'osservazione di una serie di stimoli (cfr. Aronson, Brewer, Carlsmith, 1985, pp. 441-86).

Anche la medicina impiega moltissimi esperimenti realizzati in contesto naturale. In particolare, gli strumenti di cui fa uso l'epidemiologia, i c.d. *'field trial'*, o studi di campo, sono esperimenti a tutti gli effetti simili ai *Randomized Clinical Trial* (RCT), il *gold standard* per eccellenza, (manipolazione della X, presenza di un gruppo di controllo, randomizzazione, doppio cieco), che tuttavia includono soggetti selezionati da una popolazione e studiati sul campo piuttosto che in strutture ospedaliere (cfr. Attena, 2004). Esempi di questa tipologia sono i piani sperimentali in cui gruppi equivalenti di pazienti ricevono diversi trattamenti continuando a vivere nella loro quotidianità. Il controllo è garantito dalla presenza di un protocollo molto rigido che deve essere seguito scrupolosamente.

#### 1.4.2 Classificazione in base al controllo della validità

Un criterio di natura squisitamente metodologica riguarda il *controllo della validità dell'esperimento* di cui Campbell e Stanley sono i principali sistematizzatori. In base ad esso i disegni vengono suddivisi in tre grandi classi: pre-sperimentali, sperimentali veri e propri e quasi-sperimentali (cfr. Campbell e Stanley, 1966, tr. it., 2004; Cook e Campbell, 1979):

Figura 1.4.2 – Classificazione degli esperimenti in base al controllo della validità



L'esperimento rappresenta un potente strumento in grado di controllare l'esattezza di una relazione causale ipotizzata tra due variabili, ma per raggiungere un risultato verosimile è necessario un completo controllo di tutte le potenziali minacce che si frappongono tra X e Y e offuscano la corretta interpretazione causale. Un controllo ottimale potrebbe essere di difficile attuazione in relazione alle caratteristiche dell'oggetto di studio, agli obiettivi cognitivi della ricerca e al contesto entro cui si svolge. Come si vedrà nel secondo capitolo, la possibilità di neutralizzazione e contrasto dei fattori rivali si esplicita nell'accertamento della validità sperimentale declinata in quattro forme: la *validità statistica*, che verifica l'esistenza o meno della relazione tra le variabili; la *validità interna*, definita come controllo della natura causale della relazione; la *validità di costrutto*, che accerta che le procedure di manipolazione e osservazione della causa e dell'effetto si riferiscano effettivamente ai costrutti indicati; la *validità esterna*, espressa come la capacità di generalizzare ad altre popolazioni, contesti e tempi i risultati della connessione causale. Quanto più l'esperimento è in grado di precisare dettagliatamente la condizione sperimentale e le caratteristiche dei soggetti sottoposti allo studio, formare gruppi equivalenti, ispezionare ogni possibile elemento che possa interferire con il trattamento, effettuare più osservazioni prima e dopo la manipolazione, e generalizzare i risultati sperimentali, tanto più sarà in grado di controllare le possibili minacce e potrà definirsi valido. La proposta ormai classica di Campbell e Stanley, ripresa successivamente da moltissimi autori, suddivide i disegni sperimentali in tre ampie classi in relazione alle potenzialità di neutralizzazione di fattori rivali. All'interno di ciascuna categoria sono ravvisabili alcuni sottocriteri che articolano ulteriormente le tre famiglie, come il numero di osservazioni, la presenza di uno o più gruppi, l'equivalenza degli stessi, ecc.

I *disegni pre-sperimentali* rappresentano la classe con il più basso controllo e per questo sono dotati di scarso valore scientifico. Essi rappresentano solo un punto di riferimento minimo poiché non permettono di formulare asserzioni scientificamente fondate circa la relazione tra la variabile indipendente e la variabile dipendente. In essa sono rinvenibili disegni in cui manca un termine di confronto che può essere rappresentato dall'occasione di pretest oppure dal gruppo di controllo.

Ad un livello maggiore di validità si collocano i *quasi-esperimenti*, così definiti perché assomigliano agli esperimenti per una serie di caratteristiche, ma mancano di alcune condizioni per ottenere il loro stesso status. La parola “quasi” significa infatti “come se” o “in un certo grado” (cfr. McBurney, 1986 tr. it., 2001, p. 319). Esaminando le definizioni attorno a questa classe, si riscontra una proliferazione di caratterizzazioni che determinano una confusione semantica e la conseguente necessità di porre in luce la mancanza di sistematicità.

Secondo Campbell e Stanley, il principale requisito che viene meno in questa classe e li rende esperimenti (veri e propri) mancanti è rappresentato dall'*equivalenza dei gruppi*. Laddove i disegni quasi-sperimentali presentino più di un gruppo, si può dire che tali gruppi non siano perfettamente equivalenti perché non ottenuti attraverso l'assegnazione casuale dei soggetti. Il confronto si basa dunque su gruppi che differirebbero fra loro anche per altre caratteristiche oltre che per il trattamento. Gli autori non sono espliciti, ma lascerebbero intendere che se l'equivalenza dei gruppi costituisce il *fundamentum divisionis* tra le due categorie, (cfr. Fasanella, 2004, p. 13), in altre sezioni lasciano pensare che, oltre a ciò, l'occorrenza naturale della variabile indipendente potrebbe rappresentare un ulteriore criterio definitorio (cfr. Campbell e Stanley, 1966, tr. it., 2004, p. 159). Il disegno quasi-sperimentale basato sul ciclo istituzionale che si fonda sull'impossibilità di manipolazione di X ne è una dimostrazione (cfr. *ibidem*, p. 144).

Jones, come in parte sottolineato poco sopra, effettuando un parallelismo tra gli esperimenti naturali e i quasi-esperimenti in base al *setting*, individua nella possibilità/impossibilità di controllare chi è esposto o meno all'intervento, l'elemento che differenzia le due forme di piani sperimentali (cfr. Jones, 1996, tr. fr., 2000, p. 202). I quasi-esperimenti vengono così chiamati per l'assenza di casualizzazione nel processo di formazione dei gruppi e si distanzerebbero per questo non solo dagli esperimenti di laboratorio, ma anche da quelli in ambiente naturale.

*Tabella 1.4.3 – Relazione tra esperimenti in laboratorio, esperimenti in contesto naturale e quasi-esperimenti di Russell Jones*

| <i>Tipo di esperimento</i>       | <i>Setting</i> | <i>Equivalenza/non equivalenza dei gruppi</i> |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Esperimenti in laboratorio       | Laboratorio    | Equivalenti                                   |
| Esperimenti in ambiente naturale | Naturale       | Equivalenti                                   |
| Quasi-esperimenti                | Naturale       | Non equivalenti                               |

McBurney definisce i quasi-esperimenti come quei piani in cui manca almeno una delle due caratteristiche tipiche degli esperimenti veri e propri, ossia il controllo circa l'assegnazione dei soggetti alle condizioni sperimentali e la presentazione delle condizioni ai soggetti, declinata nell'accertamento di cosa, quando, dove e come l'esperimento è eseguito (cfr. McBurney 1986; tr. it. 2001, p. 255).

L'epidemiologia definisce disegni quasi-sperimentali o semi-sperimentali quegli studi in cui viene meno una delle caratteristiche tipiche dell'esperimento vero e proprio: la presenza di un gruppo di controllo, la randomizzazione e il doppio cieco (cfr. Attena, 2004, pp. 253-54).

Al di là delle differenti accezioni, il riferimento principale resta quello di Campbell e Stanley tra i cui meriti va senza dubbio lo sforzo di sistematizzazione e descrizione di numerosi piani sperimentali realizzati nelle scienze sociali. Nella composita classe dei quasi-esperimenti essi riconducono disegni che si caratterizzano per la presenza di molteplici osservazioni di pretest e di posttest e di numerosi gruppi di soggetti non equivalenti, per l'utilizzo di materiali equivalenti somministrati ad uno stesso gruppo, per la predisposizione di campioni separati in diverse varianti, per i disegni a quadrato latino, ecc.

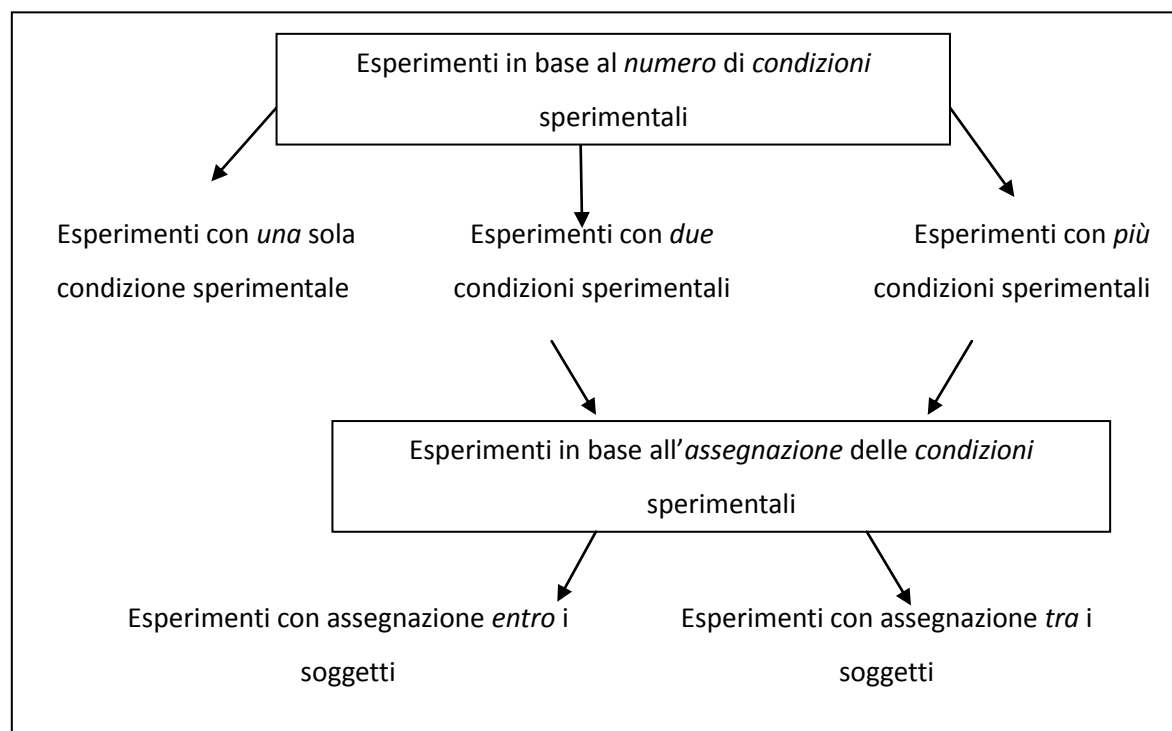
Infine, i *disegni sperimentali veri e propri* rappresentano la categoria con il più alto livello di controllo della validità. In particolare il versante interno è pienamente governato e ciò dipende dalla possibilità non solo di effettuare confronti tra almeno due gruppi, ma anche e soprattutto di definire tali gruppi come equivalenti perché costituiti mediante una procedura di randomizzazione. In questo modo l'accertamento della relazione causale non lascia spazio ad interpretazioni alternative. Rientrano in questa classe i piani sperimentali che presentano più osservazioni e più gruppi equivalenti; inoltre vengono inclusi i disegni fattoriali e i disegni a quadrato latino, in cui sono esaminate più variabili indipendenti.

Sembrerebbe automatico pensare che i disegni sperimentali veri e propri rappresentino l'eccellenza e l'ideale verso cui tendere. In realtà, pur essendo dotati di un controllo totale sul versante interno della validità, hanno difficoltà a generalizzare i risultati dell'interpretazione causale. Come si vedrà più dettagliatamente analizzando la relazione tra le due forme di validità, ad un completo controllo dei fattori interni corrisponde un mancato accertamento di quelli esterni, e viceversa. Come Campbell e Stanley riconoscono, non esistono esperimenti buoni ed esperimenti cattivi, e una graduatoria tra i disegni sarebbe valida nell'ipotesi che ogni situazione sperimentale presentasse le stesse caratteristiche e gli stessi vincoli. In una definita situazione di ricerca, il disegno sperimentale migliore è quello che risulta più adeguato date concrete condizioni.

### 1.4.3 Tassonomia in base al numero e all'assegnazione delle condizioni sperimentali

Considerando il *numero delle condizioni* e l'*assegnazione* delle stesse si produce la seguente tassonomia:

Figura 1.4.2 – Classificazione degli esperimenti in base al numero di condizioni sperimentali



Il criterio del *numero di condizioni sperimentali* dà vita a tre classi di disegni sperimentali: ad una condizione sperimentale, a due condizioni sperimentali e a più di due condizioni sperimentali. Gli *esperimenti ad una sola condizione* costituiscono la classe più semplice ed elementare in cui i soggetti vengono sottoposti allo stesso trattamento e non esistono termini di confronto. Man mano che aumenta il numero delle variabili indipendenti, la complessità dei disegni si fa crescente. Nei disegni a *due condizioni sperimentali* si può dare il caso di una condizione sperimentale e una di controllo, in cui i soggetti della prima condizione vengono esposti ad un certo programma o stimolo, mentre i soggetti della seconda non vengono esposti ad alcunché e servono pertanto da controllo ai primi. Diversamente, può darsi un esperimento in cui due trattamenti sono originati dai livelli di una stessa variabile indipendente; ad esempio, due diverse terapie di recupero di soggetti affetti da una certa patologia, due diverse intensità di illuminazione nell'esecuzione di un compito, ecc. Vengono infine realizzati esperimenti con un *numero maggiore di condizioni sperimentali* per controllare ipotesi più articolate; ad esempio, si potrebbe essere interessati a conoscere quale tra due diversi modelli di lettura sia più efficace e confrontare entrambi con una condizione di controllo. In questo caso due livelli di una stessa variabile

indipendente più la situazione di controllo determinano tre trattamenti sperimentali (cfr. Greene e D'Oliveira, 1999; tr. it., 2000).

È possibile inserire in successione logica il criterio dell'*assegnazione delle condizioni sperimentali* laddove esse siano due o più. Quando si inseriscono più condizioni, lo sperimentatore può decidere se assegnarle agli stessi soggetti oppure a soggetti diversi. Ciò comporta che i trattamenti sperimentali possano essere assunti da gruppi diversi in uno stesso momento oppure da uno stesso gruppo in momenti successivi. Tale *fundamentum* genera due distinte famiglie: gli *esperimenti entro i soggetti*, detti anche disegni relazionati (*within-subject*) e gli *esperimenti tra i soggetti*, chiamati anche disegni non relazionati (*between subject*) (cfr. ibidem, pp. 16-20; McBurney, 1986 tr. it., 2001, pp. 261-74). Esistono pro e contro in entrambe le forme e la scelta dipende sempre dall'oggetto e dall'obiettivo cognitivo dell'indagine. Si parla di *esperimenti relazionati* quando più trattamenti sperimentali vengono rivolti a tutti i soggetti. Il vantaggio principale di questi disegni consiste nell'eliminare le differenze individuali. L'esempio più semplice e più classico è il *disegno sperimentale a due condizioni* in cui ciascun partecipante funge da controllo di se stesso. Una condizione viene definita propriamente sperimentale e l'altra di controllo e tutti i soggetti vengono sottoposti alle stesse condizioni in ordine controbilanciato. Aumentando il numero di trattamenti si parla di *disegno con condizioni multiple* nel quale si confronta l'efficacia di più interventi. Ad esempio si ricorre a questi disegni per scoprire quale tra diverse terapie risulti maggiormente adeguato, oppure per conoscere quale intensità di un certo fattore determina l'effetto voluto in cui ogni intensità costituisce una variabile indipendente, oppure ancora, per eliminare ipotesi alternative ognuna delle quali rappresenta una condizione. C'è da dire che la maggior parte dei disegni con condizioni multiple sono esperimenti tra soggetti perché spesso è impossibile o scorretto esporre tutti gli individui alle varie condizioni. Il fattore di disturbo più evidente dei disegni relazionati riguarda l'esposizione di ogni soggetto a tutti i trattamenti determinando inconvenienti legati sia ai partecipanti, sia alle condizioni delle prove. Per quanto concerne i problemi relativi ai partecipanti si fa riferimento all'influenza degli *effetti carryover* o effetti residui del test precedente sul successivo. Una volta che il soggetto ha imparato un problema come un metodo, è impossibile che acquisisca lo stesso problema usando un altro metodo. Inoltre esistono effetti contrastanti tra le condizioni dell'esperimento che producono l'influenza sulla risposta ad un'altra condizione.

Per quanto riguarda gli svantaggi relativi alle condizioni delle prove, vengono individuati gli *effetti dell'ordine* e gli *effetti della sequenza*. I primi sono quelli che derivano dalla posizione ordinale delle condizioni nell'esperimento indipendentemente dalla specificità delle condizioni stesse. Un trattamento applicato in precedenza potrebbe associarsi ad una prestazione inferiore rispetto a

quello di trattamenti successivi perché i soggetti all'inizio non hanno sufficiente pratica con il compito. Per controllare tale inconveniente si potrebbe *randomizzare l'ordine delle condizioni*. Gli effetti della sequenza, d'altra parte, sono quelli che dipendono da un'interazione fra le condizioni specifiche dell'esperimento. Ad esempio nella valutazione della pesantezza di oggetti sollevati esiste la probabilità di un effetto di contrasto che consiste nell'apparente eccessiva leggerezza di un oggetto sollevato a seguito di un oggetto più pesante, e viceversa. Una forma di controllo sia degli effetti d'ordine che degli effetti di sequenza, particolarmente utile se l'esperimento prevede l'applicazione di ciascuna condizione due volte e richiede due sedute, consiste nella *randomizzazione a blocchi*, ossia nel creare delle sequenze di ripetizioni e all'interno di ciascuna serie randomizzare i trattamenti sperimentali.

Quando si ha a che fare con pochi soggetti ma con parecchie condizioni applicate solo poche volte, si può applicare il *controbilanciamento inverso* in cui i trattamenti vengono applicati in un ordine nella prima sequenza e nell'ordine inverso nella seconda.

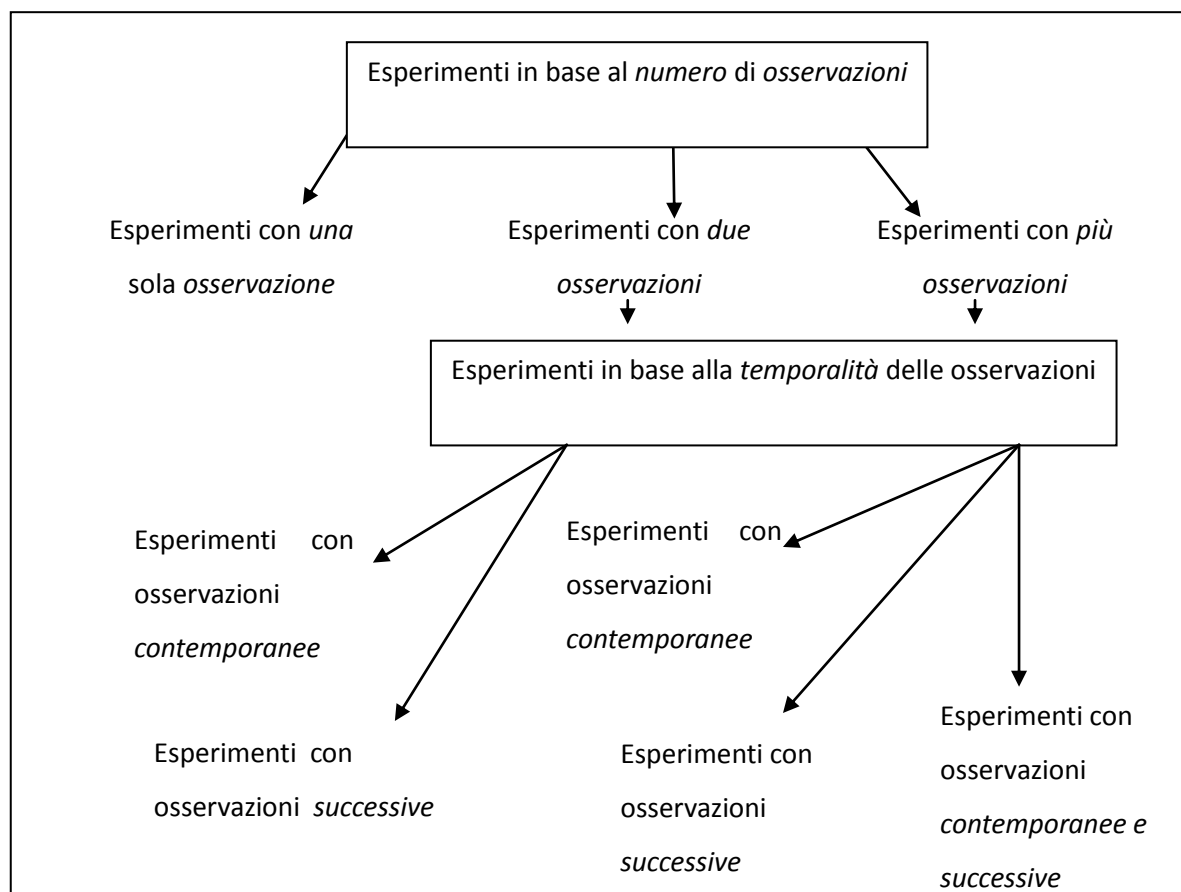
Laddove gli effetti di influenza di una prova sull'altra inficiano la validità dell'esperimento, si ricorre ai *disegni non relazionati* nei quali non tutti i soggetti sono esposti agli stessi trattamenti. Il vantaggio principale risiede nel fatto che nessun partecipante si troverebbe a far parte di più condizioni e sarebbe ogni volta privo di influenze precedenti. Nei casi in cui è necessario non comunicare il vero scopo dell'esperimento è raccomandabile usare gruppi diversi per evitare il rischio che ripetendo la prova alcuni possano rendersi coscienti delle reali intenzioni del ricercatore. D'altro canto, lo svantaggio consiste nel fatto che persone diverse possano mostrare reazioni diverse in ogni condizione sperimentale che non hanno niente a che vedere con la variabile indipendente ma che sono frutto di fattori di disturbo. Questo inconveniente può essere arginato rendendo omogenei i gruppi in ogni condizione attraverso la randomizzazione, oppure utilizzando una procedura di appaiamento nell'ipotesi che una data variabile possa influenzare i risultati. Negli esperimenti tra i soggetti si creano tanti gruppi quanti sono i fattori. Il caso più semplice è il piano sperimentale con due condizioni, che conduce al *disegno con gruppo sperimentale e gruppo di controllo*, in cui ogni soggetto viene sottoposto, con procedura casuale o non, ad una ed una sola condizione. Quando si ha a che fare con condizioni multiple, si creano tanti gruppi sperimentali quante sono le variabili indipendenti o i livelli della stessa, ed eventualmente si utilizza anche un gruppo di controllo. Un esempio è lo studio di tre diversi trattamenti per la memorizzazione di una serie di parole. In questo caso non sarebbe possibile rivolgere agli stessi soggetti tutte e tre le modalità poiché si verificherebbero interazioni tra le condizioni che creerebbero ambiguità nella valutazione dell'efficacia di ciascun intervento.

La struttura concettuale appena esposta ha implicazioni anche in relazione al numero di gruppi. Proprio perché si tratta di una considerazione consequenziale si è preferito non inserire tale criterio in questa tassonomia, ma utilizzarlo in un'altra dove presenta un ruolo più centrale. In ogni caso si può constatare che quando si ha solo una variabile indipendente si ha un solo gruppo sperimentale. Con i disegni relazionati si ha a disposizione un solo gruppo poiché si utilizzano più trattamenti sugli stessi partecipanti, mentre, quando si realizzano esperimenti non relazionati, si possono impiegare più gruppi come nei casi di diverse condizioni sottoposte a soggetti diversi.

#### 1.4.4 Tassonomia in base al numero e alla temporalità delle osservazioni

In base al *numero di osservazioni* e alla *temporalità* delle stesse, si può creare una interessante tassonomia:

Figura 1.4.3 – Tassonomia degli esperimenti in base al numero e alla temporalità delle osservazioni



Ad un primo livello il *fundamentum* del *numero di osservazioni* porta alla formazione di tre classi di esperimenti: con una sola osservazione, con due osservazioni e con più di due osservazioni. Tale criterio è importante in relazione all'*analisi del mutamento*, che può essere colto già attraverso la presenza di un pretest e di un posttest in un solo gruppo. Con l'aumentare delle osservazioni e dei

gruppi di confronto, lo studio del cambiamento assume una configurazione di maggior dettaglio scientifico e di validità.

Il *tàxon* più semplice è rappresentato dal disegno con un sola osservazione<sup>3</sup>, a seguito dell'introduzione di un certo trattamento sperimentale, chiamato *disegno con solo posttest*, o disegno *one shot*. È il caso più semplice e più elementare di esperimento poiché, così come affermano Campbell e Stanley: «*qualsiasi conoscenza relativa ad un dato oggetto, considerato singolarmente, che pretenda di avere un valore assoluto ed intrinseco si rivela, una volta sottoposta ad analisi, del tutto illusoria. L'accertamento scientifico richiede infatti almeno una comparazione*» (Campbell e Stanley, 1966; tr. it., 2004, p. 46). Per questo motivo tale piano è annoverato dai due autori tra i disegni pre-sperimentali e dotato di scarsa validità.

La seconda classe è costituita da disegni con un grado maggiore di controllo rispetto alla precedente, in quanto la presenza di *due osservazioni* permette la realizzazione di un confronto che costituisce la base del controllo scientifico. In corrispondenza di questa categoria è possibile inserire in successione logica il criterio della *temporalità delle osservazioni* che distingue gli esperimenti in due sottogruppi: con osservazioni contemporanee e con osservazioni successive. Le *osservazioni* si dicono *contemporanee* quando si ha a che fare con più di un gruppo e i termini del confronto sono due osservazioni che avvengono nello stesso intervallo temporale a seguito dell'introduzione della condizione sperimentale. Si tratta di una *comparazione trasversale* poiché il parallelo avviene nella stessa unità di tempo tra due posttest. Nel caso in cui i gruppi non sono costituiti mediante una procedura di randomizzazione si parla di *disegno basato sulla comparazione fra gruppi statici*, quando invece sono equivalenti si realizza un *disegno con solo posttest e gruppo di controllo equivalente*. Quest'ultimo rappresenta un piano sperimentale rigoroso poiché, anche in assenza di pretest, la sola randomizzazione è sufficiente a garantire il controllo dei fattori di invalidità.

Le *osservazioni* si dicono *successive* nel caso di accostamenti tra pretest e posttest in diversi intervalli temporali. In questo caso il *confronto* è *longitudinale* all'interno di uno stesso gruppo. Un caso è il *disegno con pretest e posttest senza gruppo di controllo*, annoverato da Campbell e Stanley tra i disegni pre-sperimentali, in quanto l'assenza di un gruppo di controllo consente solo una comparazione all'interno del gruppo stesso.

---

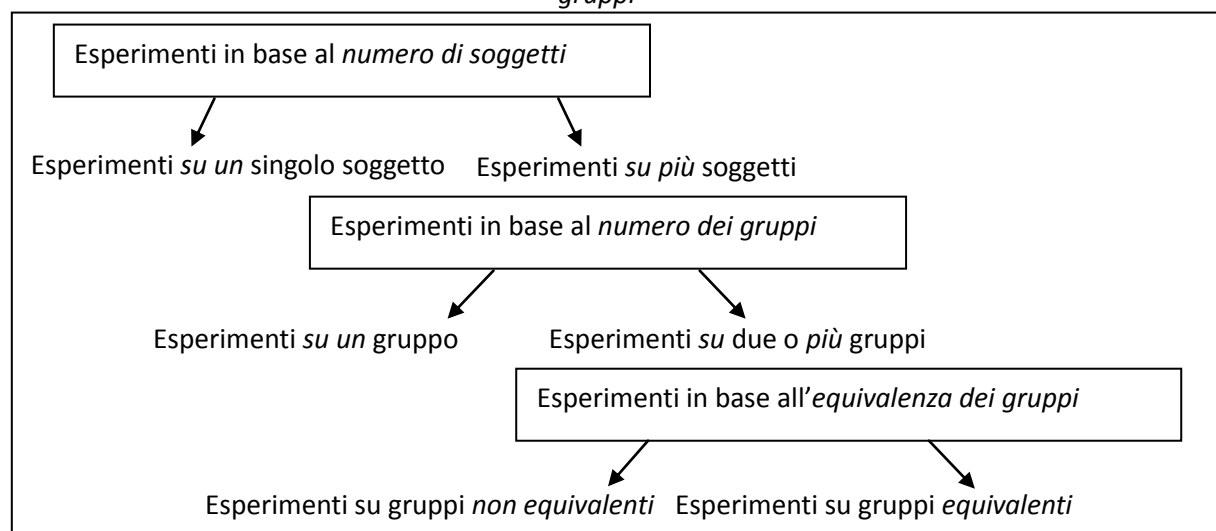
<sup>3</sup> L'esistenza di un disegno che prevede una sola osservazione *prima* dell'introduzione del trattamento sperimentale è solo una mera possibilità logica priva di interesse concettuale che non si riscontra empiricamente.

L'aumentare del numero di osservazioni determina l'introduzione di *esperimenti con più osservazioni* grazie alla possibile presenza di più pretest, più posttest, più gruppi sperimentali e più gruppi di controllo. Inserendo in corrispondenza di questo *tàxon* il criterio della *temporalità delle osservazioni* si producono tre sottogruppi di disegni: con osservazioni contemporanee, con osservazioni successive e con osservazioni contemporanee e successive. Si hanno più *osservazioni contemporanee* nel caso in cui si ha a che fare con più gruppi ad ognuno dei quali viene somministrato un trattamento diverso osservato solo dopo l'introduzione del fattore. Quando invece si ha la possibilità di effettuare numerose osservazioni periodiche sia prima che dopo la condizione su un solo gruppo, si applica il *disegno basato sulle serie temporali*. In questo caso le *osservazioni sono successive* e il confronto è longitudinale tra i pretest e i posttest sugli stessi soggetti. Infine, esistono disegni che prevedono *osservazioni contemporanee e successive* per la presenza di un pretest e un posttest sia sul gruppo sperimentale sia su quello di controllo. Molto utilizzati sono i piani che, in base all'equivalenza/non equivalenza dei gruppi, vengono chiamati, secondo la terminologia di Campbell e Stanley, rispettivamente *disegno con pretest, posttest e un gruppo di controllo* e *disegno con gruppo di controllo non equivalente*. In particolare quest'ultimo è molto diffuso negli studi in ambito pedagogico su gruppi naturali come le classi scolastiche. Se a questo piano si aggiungono più occasioni prima e dopo la condizione sperimentale in entrambi i gruppi, si realizza il *disegno delle serie temporali multiple*, considerato anche una variante più completa del disegno delle serie temporali. In esso sono possibili numerosi raffronti, sia trasversali tra i gruppi, sia longitudinali all'interno di ciascuno di esso.

#### 1.4.5 Tassonomia in base al numero di soggetti, al numero e all'equivalenza dei gruppi

Attraverso altri tre criteri è possibile creare una ulteriore tassonomia definita dal *numero di soggetti*, dal *numero di gruppi* e dall'*equivalenza degli stessi*:

Figura 1.4.4 – Tassonomia in base al numero di soggetti, al numero e all'equivalenza dei gruppi



In base al *numero dei soggetti* sottoposti ad una situazione sperimentale si distinguono i disegni su *singoli individui* dai disegni su un *gruppo di individui*. È vero che la maggior parte delle ricerche sperimentali è eseguita su un grande numero di partecipanti, ma questo non è il solo modo di realizzare un esperimento. La lunga tradizione del singolo soggetto sostiene che la maggior parte della variabilità del comportamento dell'individuo sia imposta dalla situazione, e pertanto possa essere rimossa attraverso un accurato controllo sperimentale, mentre la tradizione della ricerca sui gruppi e delle differenze individuali assume che molta della variabilità sia intrinseca, e per questo debba essere controllata e analizzata statisticamente (cfr. McBurney, 2001, pp. 297-317). In corrispondenza degli esperimenti con più partecipanti, è possibile inserire un secondo criterio in successione logica rappresentato dal numero di gruppi. L'utilizzo di più soggetti può condurre, infatti, sia alla formazione di un solo gruppo, sia alla costituzione di più gruppi. Si parla di *un solo gruppo* quando si introduce uno o più trattamenti sperimentali e se ne osserva l'effetto su tutti i soggetti. Nel caso in cui si decida di lavorare su *due o più gruppi*, si utilizzano tante condizioni quanti sono i gruppi. Si può dare uno o più gruppi sperimentali ed eventualmente un gruppo di controllo. È molto diffusa in psicologia la pianificazione di disegni che prevedono quattro gruppi sperimentali, con quattro differenti condizioni, oppure disegni a quattro gruppi, con tre differenti trattamenti e un gruppo che funge da controllo. Quanto più articolate sono le ipotesi che il ricercatore intende controllare, tanto più numerosi saranno i fattori introdotti nell'esperimento (cfr. Keppel, Saufley, Tokunaga, 1992; tr. it, 2001).

Ad un terzo stadio si è deciso di caratterizzare la *natura dei gruppi* sulla base della procedura di formazione. Tale criterio ha importanti risvolti in termini di qualità dell'esperimento e di relative procedure per controllarla. Si distinguono i *gruppi non equivalenti* dai gruppi equivalenti. I primi possono essere gruppi naturali precostituiti come le famiglie, le classi scolastiche, ecc., oppure costruiti appositamente per lo studio mediante procedure che non consentono di stabilire l'uguaglianza dei soggetti. Il *matching* è un metodo che permette di individuare dalla popolazione di riferimento coppie di soggetti – se i gruppi sono due, altrimenti tris nel caso di tre gruppi, e così via – aventi caratteristiche analoghe, ognuno dei quali viene casualmente attribuito ad un gruppo. Le caratteristiche in base alle quali selezionare i partecipanti sono quelle che in ipotesi si ritiene possano essere legate all'effetto osservato. I *gruppi equivalenti ad hoc* sono quelli creati mediante una procedura di randomizzazione, ossia di attribuzione casuale dei partecipanti ai diversi gruppi, i quali differiscono fra loro per oscillazioni accidentali. Su tali meccanismi di controllo verrà dedicato uno spazio più ampio nel secondo capitolo.

La presente tassonomia può essere vista anche come una descrizione della diversa capacità dei piani sperimentali di assicurare la *validità esterna* dell'esperimento. Leggendo dall'alto al basso, si rileva un *continuum* gerarchico i cui estremi sono rappresentati dall'esperimento sul singolo soggetto, che esibisce il minor grado di generalizzabilità, e dall'esperimento sui soggetti distinti in gruppi randomizzati, che consente la migliore estendibilità dei risultati.

Concludendo, si ribadisce che la delineazione delle diverse possibilità di pianificazione di un esperimento non indica un ordinamento in base al quale esistono disegni legittimi e illegittimi, accurati e non accurati, validi e non validi in assoluto. Si ribadisce dunque che ciascun esperimento si configura come il migliore, date certe condizioni relative all'oggetto, all'obiettivo cognitivo e al contesto della ricerca.

#### 1.4.6 Tipologia sintetica finale

Si conclude la presente trattazione esponendo una *tipologia sintetica finale* che offre una panoramica degli esperimenti maggiormente usati in ambito sociale prendendo in considerazione i seguenti criteri: il setting, il numero di condizioni sperimentali, il numero di osservazioni e il numero di gruppi.

*Tabella 1.4.4 – Criteri per la tipologia sintetica finale*

| <i>Setting</i>                           | Setting di laboratorio      | Setting naturale            |
|------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>Numero di condizioni sperimentali</i> | Una condizione sperimentale | Più condizioni sperimentali |
| <i>Numero di osservazioni</i>            | Una osservazione            | Più osservazioni            |
| <i>Numero di gruppi</i>                  | Un gruppo sperimentale      | Più gruppi                  |

Ciascun criterio è dicotomizzato e ciò implica una scelta tra due opportunità. Combinando i quattro criteri tra loro, si ottengono *sedici tipi di esperimenti* possibili da realizzare sul campo:

*Tabella 1.4.5 – Tipologia sintetica finale*

|                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Esperimento in laboratorio con una condizione sperimentale, una osservazione e un gruppo sperimentale;        |
| 2. Esperimento in laboratorio con una condizione sperimentale, una osservazione e più gruppi;                    |
| 3. Esperimento in laboratorio con una condizione sperimentale, più osservazioni e un gruppo sperimentale;        |
| 4. Esperimento in laboratorio con una condizione sperimentale, più osservazioni e più gruppi;                    |
| 5. Esperimento in laboratorio, più condizioni sperimentali, una osservazione e un gruppo sperimentale;           |
| 6. Esperimento in laboratorio, più condizioni sperimentali, una osservazione e più gruppi;                       |
| 7. Esperimento in laboratorio, più condizioni sperimentali, più osservazioni e un gruppo sperimentale;           |
| 8. Esperimento in laboratorio, più condizioni sperimentali, più osservazioni e più gruppi;                       |
| 9. Esperimento in ambiente naturale con una condizione sperimentale, una osservazione e un gruppo sperimentale;  |
| 10. Esperimento in ambiente naturale con una condizione sperimentale, una osservazione e più gruppi;             |
| 11. Esperimento in ambiente naturale con una condizione sperimentale, più osservazioni e un gruppo sperimentale; |
| 12. Esperimento in ambiente naturale con una condizione sperimentale, più osservazioni e più gruppi;             |
| 13. Esperimento in ambiente naturale, più condizioni sperimentali, una osservazione e un gruppo sperimentale;    |
| 14. Esperimento in ambiente naturale, più condizioni sperimentali, una osservazione e più gruppi;                |
| 15. Esperimento in ambiente naturale, più condizioni sperimentali, più osservazioni e un gruppo sperimentale;    |
| 16. Esperimento in ambiente naturale, più condizioni sperimentali, più osservazioni e più gruppi.                |

### 1.5 L'esperimento nelle scienze sociali

Ogni tipo di ricerca postula la scelta di metodi di indagine accurati e adeguati alla disamina del problema che intende affrontare. Le esigenze connesse alla complessità e alla multidimensionalità delle situazioni pongono in luce la necessità di impiegare strumenti e strategie di ricerca che conferiscano dignità all'analisi sociologica. Coloro che adottano una *separazione ontologica* delle scienze, che sottintende da un lato ambiti fenomenici che implicano un ordine deterministico e dall'altro settori caratterizzati intrinsecamente in maniera stocastica e caotica, puntano essenzialmente alla peculiarità di strumenti specifici per ciascun settore e alla impossibilità di importarli in altri campi in virtù dei diversi oggetti di analisi. In tale ottica, il metodo sperimentale risulta proprio dei settori scientifici che meglio si prestano a realizzare disegni sperimentali veri e propri in cui sia più agevole garantire un completo controllo. Pensare ad una distinzione tra le scienze che faccia riferimento ad un'*opzione di tipo storico* anziché ontologico, fa sì che ogni settore, al di là delle specifiche peculiarità, segua uno stesso percorso evolutivo con diversi gradi di maturità e in tal senso possa auspicare a raggiungere, in momenti diversi, anche l'utilizzo delle stesse strategie, seppur riadattate all'ambito fenomenico.

Ciò che rende poco utilizzata la strategia sperimentale in ambito sociologico è più una forma di pigrizia mentale che spinge a percorrere i sentieri consueti che concreti ostacoli che ne impediscono l'implementazione. Utilizzare tale logica richiede molta pazienza, devozione e sacrificio<sup>4</sup>, tuttavia l'impegno e le energie richieste garantiscono risultati che, opportunamente esaminati, conducono al controllo di ipotesi difficilmente rilevabili con i metodi comunemente usati. Una critica che spesso nasce nell'utilizzo del metodo sperimentale in ambito sociale deriva dal fatto che tale strategia di ricerca viene applicata senza una adeguata mediazione critica delle caratteristiche ed esigenze disciplinari specifiche. Tuttavia, con opportune integrazioni ed accorgimenti, molteplici sono le dimostrazioni di come la logica sperimentale possa essere importata legittimamente anche nei diversi settori sociali.

---

<sup>4</sup> A tale proposito Campbell e Stanley si esprimono in questi termini: «[...] Gli esperimenti si mostreranno deludenti. È necessario immunizzare in qualche modo i giovani ricercatori contro questo effetto e, in generale, occorre giustificare la sperimentazione su basi meno ottimistiche – non come una panacea, bensì come l'unica strada possibile verso un progresso di natura cumulativa. È necessario istillare nei nostri studenti l'idea secondo cui, malgrado la ricerca comporti spesso noia e delusione, è loro dovere persistere, così come è accaduto fino ad oggi nell'ambito delle scienze biologiche e fisiche. È necessario estendere i limiti del voto di povertà dei nostri studenti, in modo da includere non soltanto la disponibilità ad accettare la scarsità dei finanziamenti, ma anche la scarsità dei risultati sperimentali» (Campbell, Stanley, 1966, tr. it. 2004, p. 39).

Un esperimento realizzato nelle scienze sociali consiste generalmente nell'*introduzione* da parte dello sperimentatore *di stimoli* su uno o più soggetti o gruppi di soggetti e nell'*osservazione dell'effetto* che tale fattore produce sui partecipanti sottoposti ad esso.

La versione più classica e comune utilizzata prevede lo studio di due gruppi sottoposti *il più possibile* alle stesse condizioni ad eccezione di una, quella sperimentale, ed esaminare eventuali differenze riscontrate tra i due gruppi in modo da poterle imputare, con un certo grado di probabilità, alla presenza del trattamento in un solo gruppo.

Non sempre è possibile stabilire con sufficiente certezza il *legame tra stimolo ed effetto* perché non sempre si è in grado di stabilire la clausola del *ceteris paribus*. In ogni esperimento si ritrovano i seguenti fattori: il materiale da indagare (soggetti), lo sperimentatore, con le sue funzioni di selezionare e preparare il materiale, osservare, registrare e interpretare, ed infine gli strumenti per la progettazione, la raccolta e l'analisi dei dati. Il problema peculiare della ricerca nelle scienze sociali è che non esiste una reazione autonoma di questi tre fattori, ma si hanno continue *interazioni reciproche* non sempre facili da individuare e analizzarne la portata (cfr. Gniech, 1976; tr. it., 1981, p. 17). Esistono innumerevoli studi che indagano la relazione tra sperimentatore e partecipanti come potenziale fonte di distorsione dei risultati sperimentali (cfr. Matalon, 1969; Orne, 1969; Riecken, 1969; Rosenthal, 1969). Questa preoccupazione deriva dalla consapevolezza che l'esperimento nelle scienze sociali avviene in una situazione sociale in cui ciascuna categoria ha aspettative sul proprio e l'altrui ruolo in relazione alle attese dall'altra.

Le prescrizioni metodologiche dedotte dalla ricerca risultano spesso impraticabili in situazioni in cui la complessità e la presenza di ostacoli ed incertezze costituiscono tratti dominanti. In pedagogia in particolare, ma non solo, gli esperimenti vengono condotti nei contesti scolastici, ossia in sistemi che non sono effettivamente isolati, ed è quindi probabile che vi sia un gran numero di influenze esterne che vanno a confondere l'effetto prodotto dalla variabile sperimentale. Si pone quindi un problema di validità interna dell'esperimento nel momento in cui non si è in grado di stabilire in maniera univoca e a-problematica il processo di imputazione causale. Esso comporta necessariamente *l'individuazione delle diverse fonti dell'effetto* rappresentate dal trattamento introdotto dallo sperimentatore, e da elementi di disturbo, i quali si distinguono in *errori sistematici*, i c.d. *bias*, cioè quei fattori che minacciano la validità interna dell'esperimento, e in *errori non sistematici*, i c.d. *error*, che si distribuiscono casualmente.

Anche il *versante esterno della validità* è compromesso quando un esperimento è difficilmente riproducibile in altre situazioni spaziali e temporali o i suoi risultati non sono estendibili ad altri contesti.

Cosa fare dunque? È necessario prendere atto del fatto che le caratteristiche della situazione sociale sono antitetiche alle condizioni fondamentali della sperimentazione classica la cui forza si regge sull'isolamento delle variabili, sulla manipolazione controllata di queste e sulla neutralizzazione degli effetti secondari. Gli oggetti di studio sono spesso carichi di connotazioni valoriali, etiche, culturali, ideologiche e sociali, le quali influiscono sulla scelta e sulla costruzione dell'oggetto di ricerca. Se si resta ancorati all'idea di una scienza positiva "pura", le scienze sociali non hanno alcuna opportunità di soddisfarne i criteri. La questione fondamentale riguarda proprio la possibilità stessa e le caratteristiche di una *sociologia sperimentale*, lontana da qualsiasi accostamento riduttivo e superficiale. La ricerca sociale di tipo sperimentale non potrebbe mai essere ridotta ad un insieme di procedure e tecniche di laboratorio troppo distanti dalla realtà concreta. Il mito scienziato del sapere puro appare da un lato inadeguato dinanzi alla complessità del reale, dall'altro troppo astratto di fronte alle molteplici e imprevedibili forme dell'esperienza e degli interrogativi che questa suscita. È necessario pensare alla sociologia come ad una scienza sociale fondata su un *approccio rigoroso e al contempo in grado di tener conto della multiformità degli eventi sociali concreti*.

Non deve stupire che lo statuto della ricerca sociale non sia così definito come quello delle discipline fisico-naturali. Lo sforzo di pervenire ad una scienza che sia rigorosa merita di essere conseguito, ricordando deweyanamente che «scienza significa presenza di metodi sistematici di ricerca, i quali, quando siano applicati ad un insieme di fatti, ci consentono una migliore comprensione e un controllo intelligente e meno confuso e abitudinario» (Dewey, 1929; tr. it., 1951).

### 2.1 Il processo di validazione nell'esperimento

È possibile identificare i criteri di scientificità di un esperimento come una dimensione lineare ed intrinseca al processo di ricerca, che postula un'esplicita fase di programmazione prima e di controllo poi. Tale *processo di validazione* (cfr. Viganò, 2002) viene inquadrato in una prospettiva sperimentale tradizionale in cui la qualità viene definita come la capacità di un esperimento di controllare ipotesi in base alle quali l'indagine è stata concepita. In esso vengono individuati tre criteri cui corrispondono tre fasi logicamente e cronologicamente legate:

1. la *pertinenza* riflette la relazione tra ciò che il ricercatore intende rilevare e gli scopi della ricerca. Esso ricorre dunque nella fase di concettualizzazione, ossia di definizione puntuale e univoca dell'oggetto in relazione agli obiettivi cognitivi dell'indagine definiti *ex ante*. Tale concetto, ridotto in linea teorica alla consequenzialità e alla corrispondenza logica tra obiettivo e oggetto, all'atto pratico suscita delle perplessità rispetto alla complessità di fattori e di vincoli che intervengono nella concreta attività di ricerca;
2. la *validità* in senso stretto si riferisce alla corrispondenza tra ciò che si osserva concretamente e ciò che il ricercatore aveva intenzione di osservare. Ad esso si esplicita nell'applicazione di procedure e strumenti determinati. In relazione a tale concetto esiste una letteratura vastissima che racchiude una molteplicità di accezioni e analizza meticolosamente aspetti specifici (cfr. Marradi, 1990b; Ammassari, 1984; Campbell, Fiske, 1959). Come per la pertinenza, anche in questo caso, al di là del consequenzialità logico-razionale, bisogna aprire il concetto alla complessità degli oggetti sociali;
3. l'*affidabilità* o fedeltà (*reliability*) infine riguarda la corrispondenza tra ciò che esiste e ciò che il ricercatore effettivamente rileva. Tale concetto, riferito al dato rilevato, supera la concezione di attendibilità elaborata dagli psicometrici degli anni Cinquanta relativa allo strumento, e valuta la strettezza della relazione tra il dato raccolto e il presunto stato effettivo di un soggetto su una data proprietà (cfr. Marradi, 1990b). Se l'osservazione fosse condotta da un osservatore ideale non sussisterebbe alcun problema di fedeltà; l'esigenza di controllo nasce nel momento in cui nel processo di raccolta delle informazioni si deve fare i conti con le interferenze rappresentate da idee, opinioni, sentimenti, stati d'animo, intenzioni, sia appartenenti a colui che rileva, sia proprie del soggetto sottoposto ad osservazione. Per questo motivo per affidabilità si intende la capacità di ottenere lo stesso

materiale in tempi differenti e tramite soggetti differenti. Esistono per l'affidabilità molteplici procedure di controllo in differenti fasi dell'indagine (cfr. Mauceri, 2003).

Da tale processo di validazione ci si allontana quando la situazione di ricerca non corrisponde perfettamente alle caratteristiche di un disegno sperimentale vero e proprio, cioè quando deve tener conto di oggetti sociali complessi e dinamici, inseriti in una cornice storico-sociale e culturale dalla quale non si può prescindere, pena lo snaturamento dell'oggetto stesso. Applicare pedissequamente in atteggiamento ritualista questo processo ad ambiti di ricerca sociologici è costrittivo; la consapevolezza di ciò è perciò necessaria ad un suo impiego onesto. È importante da un lato non rinunciare ad agire secondo i canoni del rigore scientifico, dall'altro lato procedere con cautela e non pretendere di incasellare entro le maglie di un processo a volte riduttivo la natura molteplice e variegata degli oggetti sociali.

Nel paragrafo successivo si ritiene opportuno approfondire il requisito della validità in senso specifico applicato al contesto sperimentale.

#### *2.1.1 La validità sperimentale*

La validità costituisce il requisito di base che dona scientificità ad un contesto sperimentale. Esprimendo il senso stesso della ricerca, va da sé che un esperimento può essere annoverato tra i disegni sperimentali veri e propri se soddisfa tale requisito. In generale, *per validità si intende la corrispondenza tra la relazione riscontrata nei dati fra due variabili e quella effettivamente esistente nel mondo reale*. Essa viene messa in dubbio quando è compromesso il rapporto di causa ed effetto tra le variabili in gioco e quando si crea un conflitto tra la spiegazione teorica e il tipo di relazione ottenuta (cfr. McBurney, 1986; tr. it. 2001).

Cook e Campbell superano la concezione degli psicometrici basata su un'impostazione positivo-sperimentale che dà conto della «correttezza delle inferenze circa i punteggi dei test o di altre forme di accertamento e verifica» (APA, 1974, da Viganò, 2002, p. 275) articolata in tre dimensioni che definiscono il concetto sul piano operativo: validità di criterio, validità di costrutto e validità di contenuto. I due autori pertanto elaborano una classificazione delle forme di validità che costituisce ancora oggi l'orientamento *mainstream* della psicologia sperimentale e si riferisce in termini molto generali al problema del significato da attribuire al risultato di una ricerca. Tale classificazione si articola nei concetti di validità interna, validità di costrutto, validità esterna e validità statistica (cfr. Cook e Campbell, 1979).

La *validità interna* costituisce la caratteristica primaria senza la quale la relazione causale rilevata in un esperimento non può essere interpretata. In altri termini, esprime il grado di certezza con cui la sperimentazione assicura che gli effetti osservati siano imputabili al trattamento sperimentale e non vadano attribuiti all'influsso di altri fattori rivali.

La *validità di costrutto* concerne la questione della conformità fra i risultati e la teoria che sta alla base della ricerca. Ogni studio viene progettato all'interno di una cornice teorica in base alla quale vengono formulate le ipotesi. La validità di costrutto è simile alla validità interna ma, mentre per avere la prima è necessario eliminare le variabili di disturbo come cause potenziali del comportamento in esame, per avere la validità di costrutto si devono escludere altre possibili spiegazioni teoriche dei risultati. In entrambi i casi può essere utile eseguire un altro esperimento al fine di eliminare le minacce alla validità: per la validità interna riprogettare al fine di eliminare i potenziali fattori di disturbo, per la validità di costrutto riprogettare per eliminare spiegazioni teoriche alternative.

La *validità esterna* concerne la generalizzabilità dei risultati, ossia l'applicabilità dei risultati della ricerca ad altre situazioni e contesti non sottoposti ad esperimento: diversi soggetti, luoghi, tempi e così via. Parlando di generalizzabilità è bene distinguere la generalizzabilità *a* popolazioni bersaglio dalla generalizzabilità *attraverso* popolazioni diverse. La prima riguarda una concezione più ristretta e si riferisce alla possibilità di estendere i risultati ad una particolare popolazione di interesse, mentre la seconda fa riferimento ad una concezione allargata e concerne l'eventualità di sostenere che le conclusioni raggiunte siano valide malgrado le eventuali variazioni nel tipo di soggetti utilizzati. La scelta tra le due forme dipende dalla rappresentatività o meno del campione scelto.

Le differenze tra la situazione sperimentale e la realtà possono essere messe alla prova comparando gli esiti osservati attraverso altri metodi che ne attestano la *robustezza degli effetti*. Da questo punto di vista la validità esterna esige una discussione approfondita, sistematica e organizzata sugli effetti comparabili che derivano dallo scambio tra metodi differenti come la comparazione di gruppi naturali, gli studi longitudinali, la sperimentazione in laboratorio e sul campo. Questo tipo di controllo è una forma operativa di '*interdisciplinarietà condivisa*' (cfr. Meyer, 2005, p. 219). Se la validità interna è relativa alla correttezza della ricerca e dell'analisi condotta al suo interno, quella esterna alla estendibilità delle risultanze empiriche a situazioni differenti da quelle che sono state oggetto dello studio. Come già accennato, spesso i due versanti entrano in opposizione tra loro, nel senso che gli aspetti che soddisfano l'uno possono mettere a

repentaglio l'altro: i controlli indispensabili per assicurare la validità interna tendono a compromettere la rappresentatività dei risultati.

La *validità statistica*, infine, considerata da Cook e Campbell un caso speciale della validità interna, esamina, da un punto di vista prettamente tecnico operativo, la relazione tra il trattamento sperimentale e l'effetto osservato, determinando in termini statistico-inferenziali, se essa sia imputabile ad un rapporto di causa ed effetto oppure al caso.

Come è stato evidenziato poco sopra a proposito della relazione tra validità interna ed esterna, le diverse procedure sperimentali adottate per valorizzare una certa forma, possono finire per ridurre gli altri. Se ad esempio si vuole incrementare la validità statistica si utilizzeranno soggetti il più possibile omogenei, ma questo penalizza la possibilità di generalizzare i risultati compromettendo la validità esterna. Perciò è sempre opportuno decidere in fase di progettazione del disegno quale forma di validità ha la priorità e realizzare l'esperimento tenendo conto di ciò. Tuttavia, a titolo indicativo, Cook e Campbell individuano nella ricerca applicata una gerarchia tra le quattro forme, ponendo al vertice la validità interna, seguita dalla validità esterna, dalla validità di costrutto e, alla base, dalla validità statistica.

## **2.2 Le minacce alla validità sperimentale**

Quando si progetta un disegno sperimentale è necessario tener conto delle possibili implicazioni in grado di inficiarne ogni forma di validità. Dar forma alla validità significa problematizzarla, ossia esplicitarne le fonti di disturbo. Campbell e Stanley vengono considerati gli autori classici che hanno dato conto in maniera sistematica delle minacce (*threat*) alla validità sperimentale individuando due categorie di fattori in grado di compromettere rispettivamente la dimensione interna e quella esterna (cfr. Campbell e Stanley, 1966, tr. it., 2004). Successivamente Cook e Campbell inseriscono anche i fattori responsabili di inficiare le dimensioni di costrutto e statistica (cfr. Cook, Campbell, 1979). Gli elementi riconducibili ad ognuna delle quattro forme costituiscono un serbatoio di spiegazioni alternative, più o meno plausibili, ogni qualvolta si debba determinare se un risultato sperimentale sia valido oppure no. Tali ipotesi avversarie conferiscono alla teoria che si vuole indagare gradi diversi di conferma: quanto minore è il numero delle ipotesi rivali, tanto maggiore sarà il grado di conferma. È chiaro che ogni ricerca non è esposta a tutte le minacce ma solo a quelle possibili date le caratteristiche del disegno. Inoltre, alcuni rischi sono strettamente interrelati, mentre altri si escludono a vicenda.

Prendere consapevolezza dei possibili pericoli cui si va incontro quando si realizza un certo disegno sperimentale, significa mettersi in guardia e pensare ai possibili rimedi di riduzione degli stessi. Ogni minaccia, infatti, può essere prevista, governata e controllata e, infine, superata. Il maggior merito degli autori classici consiste proprio nell'aver introdotto accanto ad ottimismo della volontà, un *ottimismo della ragione*, poiché essi propongono una o più soluzioni specifiche a ciascun fattore di invalidità. L'esperimento dotato di completa validità non è solo un ideale verso cui tendere, ma anche una reale possibilità che si può attuare in virtù del fatto che per ogni difficoltà esiste un rimedio concreto.

### 2.3 Il controllo sperimentale

Prima di elencare le minacce associate a ciascuna forma di validità, è opportuno affrontare il discorso relativo al controllo. È un compito arduo realizzare disegni sperimentali veri e propri in cui la validità sia garantita in ogni sua forma. Per tale motivo viene incoraggiato l'utilizzo di disegni quasi sperimentali, considerati i migliori possibili in date circostanze. In questi casi non c'è alcun modo di garantire in maniera assoluta un controllo totale della validità; tutti i metodi servono semplicemente ad aumentare la fiducia nella conclusione che è stata tratta dalla ricerca.

Una delle maggiori minacce è rappresentata dalla *confusione* delle variabili<sup>5</sup>. Una *variabile* si definisce *di disturbo* quando la sua condizione covaria con la variabile criterio in modo che i loro rispettivi effetti non possano essere vagliati separatamente. Per questo motivo si introduce il concetto di *controllo*, definito come «l'altra faccia della medaglia della validità», comprendente qualsiasi mezzo impiegato per eliminare le possibili minacce alla validità di una ricerca (cfr. McBurney, 2001, p. 181).

In generale, parlando di controllo, è possibile individuare e distinguere due diverse accezioni che si riferiscono a due diversi momenti temporali della ricerca. Si parla di *controllo ex ante* (controllo sperimentale), quello che avviene prima della raccolta dei dati, quindi guida e orienta le modalità di questa specifica attività; si parla di *controllo ex post* (verifica statistica), quello che si mette in pratica a raccolta dei dati avvenuta e serve ad esaminare se le variabili di disturbo abbiano effettivamente svolto il ruolo di confondimento e, in caso positivo, a valutarne l'entità.

---

<sup>5</sup> In alcuni testi si distingue la *variabile di confusione* (*confounded variable*), intesa come fattore che varia assieme al trattamento sperimentale, dalla *variabile di disturbo* (*confounding variable*), definita come fattore indipendente dalla variabile indipendente (cfr. McBurney, 1986; tr. it., 2001, pp. 112-3). Nel presente lavoro si è deciso di non adottare tale distinzione terminologica.

In maniera più specifica, il *controllo sperimentale* consiste nell'ipotizzare *ex ante* l'associazione tra un trattamento sperimentale e l'effetto osservato che si produce, eliminando completamente, o riducendo il più possibile, le possibili influenze alteratrici. Ciò, in altri termini, significa progettare e realizzare un disegno sperimentale o quasi-sperimentale che presenti gli elementi necessari a far emergere in maniera univoca la relazione tra X e Y. Da un punto di vista analitico, due sono gli aspetti emergenti in questa forma di controllo: rilevare l'inferenza causale attribuendo l'effetto osservato ad una data causa, ed eliminare progressivamente tutte le variabili alternative al trattamento in modo da rendere più chiara tale inferenza. Per il primo aspetto il significato di controllo consiste nel *mantenere costante* ciascuna variabile, in modo che abbia la stessa probabilità di influenzare ciascuna condizione sperimentale. Fattori che possono essere oggetto di questo tipo di controllo sono ad esempio le variabili contestuali, ossia le caratteristiche del *setting* sperimentale come la temperatura, l'illuminazione, le fonti di disturbo acustico, le condizioni della stanza in cui si svolge l'esperimento, il momento della giornata, il giorno della settimana o del mese, ma anche variabili quali gli strumenti di misura e le istruzioni fornite. Ad esempio, per eliminare l'influenza del momento della giornata sull'effetto osservato, si procede raccogliendo i dati sempre alla stessa ora, oppure utilizzando un calendario strutturato in modo da bilanciare l'orario in cui i soggetti vengono esaminati per tutte le condizioni. La manipolazione sperimentale assume la connotazione di fornire un punto di paragone fisso con cui confrontare l'effetto di una particolare variabile indipendente. Se due condizioni sperimentali differiscono solo per una variabile indipendente, qualsiasi differenza che compaia fra le due condizioni a seguito del trattamento può essere attribuita all'azione di quella variabile. Seguendo il *metodo, o canone, della differenza* di Stuart Mill, se i casi in cui un fenomeno si verifica e quelli in cui non si verifica hanno in comune tutti gli elementi tranne uno che è presente solo nei casi in cui si verifica, quell'elemento è causalmente rilevante per il suo accadimento. Detto in altri termini, se due gruppi differiscono solo per una variabile, allora quella variabile può essere considerata la causa della differenza tra i due gruppi. In questa accezione il controllo è definito come modo di stabilire che due gruppi o trattamenti sono identici eccetto che per la variabile che ci interessa. Pertanto, un'altra forma di controllo è l'utilizzo di un *gruppo di controllo* come termine di confronto per il gruppo sperimentale. Se i due gruppi erano equivalenti prima del trattamento, qualsiasi differenza dopo l'esperimento può essere attribuita a quest'ultimo.

Relativamente alla costituzione dei gruppi, una forma di controllo tramite manipolazione sperimentale è rappresentata dal *matching*, o appaiamento, una procedura non casuale che determina gruppi simili ma non perfettamente equivalenti. Essa consiste nell'accoppiare casi con le stesse caratteristiche ed attribuirli tanti al gruppo sperimentale e altrettanti a quello di

controllo, in modo da ottenere due gruppi somiglianti per quegli attributi. Questo metodo produce gruppi di soggetti omogenei rispetto alle variabili che lo sperimentatore ha considerato in ipotesi legate al trattamento e da tener sotto controllo, ma non tiene conto di altre variabili che il ricercatore ignora e che potrebbero rendere non equivalenti i due gruppi. Tale strategia è l'equivalente dell'uso di alcune forme di controllo fisico per mantenere costanti le variabili ambientali intervenute. Esistono due tipi di appaiamento. L'*appaiaimento tout court* consiste nel formare gruppi di soggetti "omogenei", cioè soggetti che presentano in quantità approssimativamente equivalente una caratteristica o un'abilità rilevante per l'esperimento. I soggetti, così selezionati, sono poi assegnati casualmente alle varie condizioni sperimentali. Una seconda procedura, detta *disegno per blocchi randomizzati*, consiste nel costituire blocchi di soggetti omogenei, cioè sottogruppi di soggetti di numerosità limitata, che presentano in modo omogeneo la caratteristica rilevante. I soggetti di ciascun blocco vengono poi assegnati casualmente a ciascuna condizione sperimentale. Questa strategia è preferibile alla precedente perché innanzitutto è più semplice trovare piccoli gruppi omogenei di soggetti con cui formare i blocchi anziché un grande gruppo omogeneo, inoltre il risultato di un esperimento con blocchi ha una maggiore generalizzabilità perché si basa su soggetti che variano ampiamente lungo la dimensione usata per costituire i blocchi, mentre i risultati di uno studio basato su un singolo gruppo di soggetti selezionati rispetto ad una data caratteristica sono meno generalizzabili perché possono essere legati al particolare tipo di individui impiegati. Il modo migliore per ridurre la varianza d'errore è quello di usare gli stessi soggetti per tutte le condizioni sperimentali. In questo modo si otterrebbe un *matching* perfetto fra le condizioni. Tuttavia il principale svantaggio è rappresentato dagli effetti *carryover* descritti nel paragrafo 1.4.3 a proposito degli esperimenti relazionati.

Come è stato appena evidenziato, l'appaiaimento non garantisce una perfetta equivalenza tra i gruppi. La variabilità dovuta alle differenze tra soggetti può essere in parte arginata utilizzando un solo gruppo e come punto di paragone fisso utilizzare il gruppo stesso prima dell'esposizione al trattamento. Questa forma di controllo prevede la *presenza di un pretest* in cui il gruppo funge da controllo di se stesso.

La strategia di mantenere costanti per tutta la durata dell'esperimento alcune caratteristiche attraverso la manipolazione non permette di ottenere un controllo completo sulla totalità dei fattori di disturbo, alcuni dei quali possono essere completamente ignorati dallo sperimentatore. Accanto ad essa, la *seconda accezione del controllo ex ante* implica la capacità di ridurre completamente o parzialmente le fonti di variabilità estranee al trattamento sperimentale distribuendolo casualmente in tutti i gruppi attraverso la *randomizzazione*, ossia l'assegnazione

casuale di ogni variabile alle varie condizioni sperimentali. La determinazione casuale avviene con i tradizionali metodi di estrazione di una pallina numerata da un'urna, oppure con il lancio di un dado, oppure, ancora, mediante l'ausilio di una tavola dei numeri aleatori. Ogni differenza casuale sarà molto piccola perché, campionando un numero ragionevole di osservazioni, ogni valore di questa variabile sarà più o meno equamente distribuito fra le varie condizioni di trattamento. L'assegnazione aleatoria assicura che, prima del trattamento sperimentale, ogni differenza fra i gruppi possa essere dovuta solo ad elementi stocastici. Questa procedura infatti, opera su tutte le variabili di disturbo, anche su quelle che il ricercatore aveva ignorato potessero costituire una minaccia. Anche se alcune variabili sono confuse con la variabile indipendente solo per caso, la determinazione della probabilità di questa eventualità è possibile con metodi statistici in una fase successiva alla raccolta dei dati.

Accanto alla classica randomizzazione esiste la variante *per blocchi*, in cui i soggetti vengono suddivisi in blocchi e l'assegnazione casuale dei diversi trattamenti avviene all'interno di ciascun blocco. Mentre con la classica procedura il numero dei soggetti risulta bilanciato solo alla fine dell'assegnazione dei soggetti alle condizioni, con il secondo metodo il numero dei soggetti è bilanciato alla fine della formazione di ogni blocco. Quest'ultima procedura presenta il vantaggio di controllare variabili di disturbo cicliche (es. la variazione di temperatura nelle 24 ore, l'avvicinarsi di soggetti che si presentano come volontari, ecc.), distribuendone gli effetti su tutti i soggetti entro ciascun blocco. Dal momento che ciascuno di essi presenta tutti i trattamenti, la randomizzazione per blocchi riduce le variazioni di tutte le variabili di disturbo da condizione a condizione, aumentandone così l'efficacia.

Altra maniera di tener sotto controllo le influenze esterne è progettare l'esperimento in un contesto di *laboratorio*, che in psicologia va inteso come un luogo organizzato che permette l'esame più adeguato di variabili quali la scelta dei soggetti, l'inizio e la fine delle interazioni sociali, la mancanza di distrazioni ecc. Tuttavia, gran parte della ricerca sociale viene realizzata fuori dal laboratorio poiché spesso non è possibile o non è etico manipolare certe variabili, inoltre in alcuni casi l'effetto di un'alterazione potrebbe non essere sufficientemente realistico in laboratorio e questo produrrebbe l'ancora più grave rischio di reattività da parte dei soggetti.

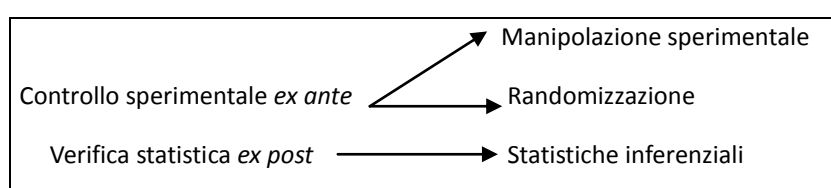
Ulteriore metodo di controllo è la *ripetizione*, con l'obiettivo di verificare se, replicando l'esperimento una seconda volta o più volte, si ottengono gli stessi risultati. In particolare si distinguono due tipi di ripetizione: quella *diretta*, che si ha quando qualcuno esegue lo stesso esperimento nel tentativo di ottenere gli stessi dati, e quella *sistematica*, che si intraprende quando il ricercatore, sulla base delle risultanze dell'esperimento precedente supposto come

valido e attendibile, ne esegue uno nuovo attendendosi nuovi esiti coerenti ai precedenti. Mentre si procede raramente con la ripetizione diretta poiché i risultati che sono stati già trovati consentono di raggiungere poca gloria, oltre che scarsi finanziamenti, quella sistematica costituisce il modo più frequente di effettuare esperimenti.

Ricapitolando, il *controllo ex ante* come neutralizzazione degli effetti delle variabili di disturbo può essere garantito mediante la manipolazione sperimentale, ossia mantenendo costanti tali variabili nel corso dell'esperimento, oppure randomizzando gli effetti, rendendoli casuali nei vari gruppi. Sfortunatamente la neutralizzazione attraverso manipolazione o randomizzazione non basta e le differenze degli effetti tra i vari gruppi possono dipendere esclusivamente o in parte da fattori casuali e non solo dal trattamento sperimentale. Il *controllo ex post* interviene a raccolta dei dati avvenuta e consiste in una *verifica statistica* attraverso opportuni test che consentono di individuare quanta parte dell'effetto osservato sia dovuta al caso e quanta parte alla manipolazione sperimentale. Le analisi statistiche forniscono numerosi modi di esaminare la possibilità che i risultati sperimentali siano ascrivibili al solo caso. Questi metodi richiedono che i soggetti siano assegnati casualmente alle diverse condizioni. Anche a questo livello è possibile incorrere in errori che minacciano la validità di un esperimento i quali sono determinati da interpretazioni scorrette dei risultati, da una non corretta analisi dei dati, da un utilizzo di test statistici non adeguati ai dati disponibili. È importante perciò curare e procedere con attenzione in ogni fase di un piano sperimentale.

Concludendo, è possibile riassumere quanto detto nel seguente schema:

*Figura 2.3.1 – Schema riassuntivo della concezione di controllo in ottica sperimentale*



## **2.4 Le minacce e i controlli alla validità interna**

Gli elementi annoverati nella prima forma di validità agiscono confondendosi con il trattamento al punto da rendere difficile distinguere se l'effetto rilevato sia imputabile alla X o agli elementi di disturbo (l'effetto è dovuto unicamente ad X?), oppure sovrapponendosi ad esso al punto da rendere complessa l'operazione di depurazione dell'effettivo esito (accertato che nell'esperimento interferiscono elementi di disturbo, quanta parte dell'effetto è imputabile ad X?). Ad ogni

esperimento corrispondono alcune delle minacce esistenti, alle quali, a loro volta, vengono associate alcune forme di controllo. Di seguito si espongono le minacce alla validità interna partendo dagli 8 fattori rintracciati Campbell e Stanley e inseriti in una categorizzazione più ampia attraverso una rielaborazione dei principali contributi presenti in letteratura (cfr. Campbell e Stanley, 1966; Rosenthal, 1966; Cook e Campbell, 1979; Constandriopulos et al., 1990):

*Tabella 2.4.1 – Classificazione delle minacce alla validità interna*

| <i>Classi di fattori di invalidità interna</i> | <i>Fattori di invalidità</i>                                               |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Fattori legati al tempo                        | Storia<br>Maturazione<br>Testing<br>Mortalità                              |
| Selezione dei gruppi/soggetti                  | Regressione statistica<br>Selezione<br>Interazione selezione-altri fattori |
| Misurazione degli effetti                      | Strumentazione                                                             |

#### *2.4.1 Minacce legate ad un controllo imperfetto dei fattori legati al tempo*

1. *Storia*, definita come insieme di eventi che si presentano più o meno contemporaneamente al trattamento sperimentale. Se ad esempio si volessero studiare gli effetti di successo e di fallimento sul senso di depressione e i primi si verificassero il lunedì e i secondi il mercoledì, è probabile che i primi sarebbero alterati qualora piovessse.

Controllare *ex ante* tale fattore significa progettare e realizzare il disegno in periodi lontani da eventi che si considerano in ipotesi legati al trattamento. Laddove non sia possibile prevedere il verificarsi di tutte le circostanze che potenzialmente interferiscono, intervengono altre forme di controllo *ex ante*. Ad esempio è possibile avvalersi di un *gruppo di controllo* possibilmente equivalente secondo il *metodo della differenza di Mill* (paragrafo 2.3): più i gruppi sono uguali, più il fattore in questione è controllato. In questo modo è come se il ricercatore fermasse il tempo e analizzasse nella stessa unità temporale ciò che accade nel gruppo sottoposto al trattamento e nel gruppo di controllo e imputasse

eventuali differenze non alla storia, *in quanto controllata*, ma alla X e ad eventuali altri fattori non controllati.

È inoltre necessario distinguere la *macrostoria* dalla *microstoria*. La prima ha un impatto globale territorialmente esteso ed esula dalla ricerca. Per contrastare tale effetto si può ricorrere all'isolamento sperimentale mediante l'utilizzo del laboratorio. Questo metodo permette il controllo della storia esterna ma non di quella intrasessionale. Nell'analisi dei costi e dei benefici c'è da valutare il prezzo in termini di validità esterna che l'artificiosità di un laboratorio produrrebbe. Da ciò consegue che il controllo di alcuni fattori può attivare altre minacce. La storia interna al set sperimentale ha un impatto locale territorialmente circoscritto. Ad esempio uno studente può svenire, cadere o fare una battuta, producendo un effetto sull'esito del test solo su quella classe. In questo caso una forma di controllo consiste nel rilevare i fatti che potrebbero aver disturbato; il rilevatore deve quindi essere preparato a rintracciarli ed annotarli.

Altro rimedio consiste nell'aumentare le osservazioni e ripetere l'esperimento in *più intervalli temporali*, come prevede il *metodo della concordanza* di Mill secondo il quale se i casi in cui un fenomeno si verifica hanno elementi differenti tranne uno che ricorre sempre, è possibile definire quell'elemento come causalmente rilevante affinché si verifichi il fenomeno.

Un altro accorgimento è fare in modo che l'*arco temporale* di raccolta dei dati sia il *minimo indispensabile* perché quanto minore è il lasso di tempo tra le rilevazioni, tanto minore sarà la possibilità che intervengano fatti che turbino la situazione sperimentale.

Ulteriore soluzione, anche se rara, consiste nel disporre di una *teoria forte e corroborata* che consenta di affermare che un certo evento, pur accadendo, non inficia il trattamento sperimentale.

Infine, una forma di controllo è rappresentata dalla *stratificazione del campione in sottogruppi* sulla base di una variabile associata alla storia per controllare se il cambiamento varia in relazione ai diversi sottogruppi. È chiaro che per poter disporre di tale variabile si deve avere una ipotesi teorica alla base che porta a rilevare l'informazione e ad inserirla nel questionario.

2. *Maturazione*, ossia il cambiamento naturale dei soggetti dovuto alla natura psico-fisica. A volte il test-retest non funziona perché i soggetti cambiano naturalmente nel passaggio da  $T_1$  a  $T_2$ . Dopo un certo lasso di tempo un individuo può alterare il proprio comportamento

a seguito di cambiamenti inerenti alla sua natura fisica e psichica, come ad esempio la fame, il sonno, la stanchezza, la noia, la perdita di attenzione, che intaccano la sfera delle abilità, della percezione e degli atteggiamenti. Se si ha un bisogno fisiologico come la fame e non si riesce a soddisfarlo, si potrebbe apparire più distratti o arrabbiati. Quanto più prolungato nel tempo è l'esperimento, tanto maggiore è il rischio di intervento di questo fattore di invalidità. Un esperimento può durare un'intera giornata, determinando una serie di bisogni (fame, sete, sonno, stanchezza, ecc.), diversi mesi, intaccando altri tipi di cambiamenti legati all'evoluzione della persona (cambiamento di peso e tutti i fattori che incidono sull'evoluzione psico-fisica), diversi cicli stagionali, che inevitabilmente presentano caratteristiche contingenti differenti in relazione allo specifico periodo. Tale fattore tende ad intervenire in base all'obiettivo che si vuole perseguire e al compito/attività che i soggetti sono chiamati a svolgere. Ad esempio sono a rischio di questo fattore gli studi a lungo termine sugli atteggiamenti nei confronti di modi di vita alternativi in funzione dell'età. Separare in questo caso le modificazioni causate dal cambiamento di atteggiamenti nella società da quelle dei singoli individui che derivano dal processo di invecchiamento non sarebbe facile. Un possibile rimedio consiste nella *riduzione dei tempi*, dato che abbreviando l'intervallo temporale tra due osservazioni, diminuisce il rischio che il fattore, portatore di una serie di bisogni da soddisfare, intervenga. Tuttavia questa decisione se da un lato costituisce un'accortezza per il suddetto fattore, dall'altro aumenta il rischio che il fattore testing si intrometta. Una soluzione migliore è rappresentata dall'utilizzo di un *gruppo di controllo*, che esamina la presenza anche di altre eventuali minacce.

3. *Testing*, fattore legato all'acquisizione di una pratica. Per 'acquisizione' si intende quel meccanismo che, con la compilazione del primo test – laddove si immagina una situazione in cui il soggetto è attivo nella produzione del risultato – conduce alla presa di coscienza del soggetto ad un cambiamento che prescinde dal trattamento. Ad esempio, nei test d'intelligenza si assiste ad un miglioramento determinato dall'acquisizione della pratica che non ha a che vedere strettamente con la X perché il pretest viene visto come un addestramento/esercizio. Il pericolo si riduce quando le dimensioni su cui si lavora sono di tipo percettivo, emotivo o fanno capo ad atteggiamenti, ma è massimo quando riguardano capacità ed abilità. Questo fenomeno è simile alla maturazione perché i soggetti si modificano nel tempo, ma ne differisce in quanto la modificazione è determinata dallo stesso procedimento delle prove anziché dai processi non collegati alle stesse. Una forma di controllo è rappresentata dall'utilizzo di un *gruppo equivalente che*

*funga da controllo* cosicché sia possibile depurare dalla rilevazione successiva l'effetto del primo test. Un rimedio parziale consiste nel *tenere all'oscuro*, per quanto possibile, gli intervistati sui reali obiettivi dell'indagine. Infine, nei casi in cui si chiede al soggetto di svolgere un esercizio, una soluzione parziale prevede il *non lasciar passare troppo tempo* tra le due rilevazioni in modo tale da non consentire di prepararsi alla pratica sulla quale verranno testati, oppure, al contrario, lasciar trascorrere più tempo in modo da far dimenticare l'acquisizione della stessa.

4. *Mortalità*, vale a dire la perdita dei soggetti tra una rilevazione e l'altra. A volte può fungere da selettore naturale. Se lo sperimentatore può dimostrare che la mortalità incide ugualmente su tutti i gruppi o che la perdita non è connessa ad uno specifico trattamento, l'analisi può essere effettuata senza il rischio di tale fattore. Se, al contrario, i soggetti che abbandonano la ricerca sono diversi da quelli che la completano, la mortalità che interviene può essere imputata al trattamento e ciò determina la deformazione del campione, la mancanza di rappresentatività e, in ultima analisi, l'impossibilità di applicare la logica di tipo induttivo. Per questo è fondamentale il *pretest* come strumento di controllo della situazione iniziale con quella successiva al trattamento. Se ad esempio si studiassero due differenti metodi di dimagrimento attraverso due gruppi per cui ad uno venisse affidata una dieta da seguire congiuntamente alla compilazione di una scheda riportante ogni comportamento alimentare e le calorie consumate, e ad un altro gruppo venisse solamente assegnata una dieta, si potrebbe verosimilmente immaginare che i soggetti con un compito maggiormente gravoso abbandonino la ricerca. Alla fine dell'esperimento il primo gruppo conterrà una percentuale maggiore di soggetti molto motivati che, di conseguenza, potrebbero riuscire a perdere peso con maggiori probabilità degli altri, facendo concludere erroneamente circa la maggiore efficacia di tale condizione. Se la temuta modificazione delle caratteristiche del gruppo si verifica, tale fattore si può controllare raccogliendo *ex ante* informazioni sulle caratteristiche dei soggetti e adottare *ex post* tecniche di analisi statistica che consentano di controllare l'effetto squilibrante del fattore.

#### 2.4.2 Minacce legate alla selezione dei gruppi di soggetti

5. *Regressione statistica*, con la quale si intende quel meccanismo che si manifesta con individui che presentano punteggi estremi su una dimensione legata al trattamento e che nella fase di posttest regrediscono verso la media. Ad esempio i soggetti risultati in  $T_1$  più bravi e meno bravi ad un test di competenza possono regredire verso la media in  $T_2$  perché

i primi possono solo peggiorare e i secondi solo migliorare in quanto tra le due misure non esiste una correlazione perfetta e la sola possibilità di variazione è verso la media. Per sfuggire da tale minaccia è possibile individuare i soggetti che durante il pretest presentano valori molto alti o molto bassi utilizzando un *gruppo di controllo*.

6. *Selezione*, altra minaccia che interviene quanto più i gruppi sono eterogenei al loro interno. La prescrizione metodologica fondamentale degli esperimenti per la validità interna riguarda l'omogeneità esterna, ossia l'*equivalenza* dei gruppi, che può essere ottenuta mediante l'estrazione casuale semplice. In generale, i metodi attraverso cui si selezionano i soggetti o i gruppi sono: la randomizzazione, che li rende omogenei; il matching, che non garantisce la perfetta equivalenza; la procedura chiamata erroneamente matching che consiste nel confronto tra gruppi opposti fra loro (es. maschi vs. femmine, fumatori vs. non fumatori, portatori vs. non portatori di una data patologia, ecc.), che come il *matching* non soddisfa l'uguaglianza dei gruppi e inoltre produce il rischio di regressione verso la media.

La *randomizzazione* rappresenta dunque la migliore forma di controllo che conduce alla completa equivalenza dei gruppi. Altra soluzione, seppur più debole, consiste nell'*utilizzo di pretest* per osservare la situazione prima del trattamento e valutare le differenze tra i due gruppi qualora essi non siano equivalenti. Il pretest si ritiene infatti indispensabile in caso di assenza di randomizzazione. Ad esempio se il fattore sperimentale sia la visione di un programma televisivo a favore di una certa fazione politica, e l'effetto rilevato sia lo schieramento dei soggetti verso essa, in assenza di pretest non si può sapere se i soggetti si siano convertiti in seguito alla visione del programma oppure fossero in partenza già orientati in quella direzione.

7. *Interazione selezione con altri fattori di invalidità interna*, una minaccia legata ai fattori che possono entrare in relazione con la selezione dei soggetti. Ad esempio si vuole testare l'efficacia di un programma educativo su un gruppo di ragazze di 11 anni e come controllo si utilizza un gruppo di ragazzi di 11 anni. Al momento del pretest i gruppi erano equivalenti sia in termini di punteggio al test, sia in termini di livello scolastico, ma un anno più tardi dal posttest risultano delle differenze tra i due generi che non sono unicamente imputabili al trattamento ma anche alle differenti velocità di maturazione dell'uomo e della donna in quella fascia d'età. Non solo, ma la selezione potrebbe interagire anche con la storia vissuta dai ragazzi e dalle ragazze al di fuori del contesto scolastico. Ancora, potrebbe verificarsi anche una relazione tra la selezione e il testing

perché su uno dei due sessi l'eseguire due volte lo stesso test potrebbe produrre differenti performance e generare un effetto finale inquinato. Infine, può costituire un problema l'interazione tra la selezione e la strumentazione qualora si utilizzino degli osservatori in classe, portatori di aspettative errate riguardo risposte migliori date da uno dei due gruppi. Un possibile rimedio è rappresentato dall'utilizzo di *gruppi equivalenti mediante randomizzazione*.

#### 2.4.3 Minacce legate alla misurazione degli effetti

8. *Strumentazione*, intendendo tutti gli apparecchi e i dispositivi utilizzati nonché l'ambiente fisico, intenso come *setting* sperimentale, e le risorse umane coinvolte nel processo di rilevazione. Ad esempio le domande di un questionario possono essere formulate o posizionate in maniera tale da comprometterne la validità; inoltre, quanto più un ambiente è artificiale, innaturale e dissimile dal contesto quotidiano, tanto più questa minaccia può condizionare l'esito dell'esperimento.

Più precisamente, con tale fattore Campbell e Stanley intendono la perturbazione legata all'*alterazione dello strumento nel tempo* che fa aumentare la quota di errore tra una misurazione e l'altra (cfr. Campbell, Stanley, 1966; tr. it., 2004). Tale definizione quindi prevede un disegno che comprende due rilevazioni. Quando la strumentazione è rappresentata dall'osservatore il mutamento può avere una duplice natura: fisica, in quanto tra una rilevazione e l'altra potrebbero succedersi due rilevatori differenti; psicologica, poiché lo stesso osservatore potrebbe cambiare tra pretest e posttest, ad esempio diventare più scaltro, più preparato o più stanco e annoiato. Il principale rimedio per evitare il rischio di cambiamenti nello stesso osservatore è l'*addestramento dei rilevatori*. Altra soluzione è realizzare un esperimento in *doppio cieco*, ossia tenere all'oscuro sia i soggetti, sia i rilevatori circa gli obiettivi sperimentali, il gruppo al quale viene assegnato il trattamento sperimentale e il momento di osservazione di pretest o posttest. Una ulteriore misura è rappresentata dalla *rotazione degli osservatori* e dall'utilizzo di una *scheda di rilevazione* dove riportare qualsiasi nota degna di essere resa pubblica. L'*osservatore*, come soggetto intriso di valori, portatore di strutture concettuali e di aspettative circa le risultanze sperimentali, viene considerato anche come una specifica forma di invalidità esterna al quale si dedica il paragrafo successivo.

## 2.5 Le minacce e i controlli alla validità esterna

Nonostante un esperimento sia dotato di validità interna, prima di poter estendere un certo risultato anche ad altri contesti spazio-temporali, situazioni e popolazioni, bisogna accertarsi che sia dotato di *validità esterna*. Essa viene definita come la *possibilità di generalizzare i risultati della sperimentazione a individui e contesti diversi da quelli della ricerca*. Questa dimensione della validità è subordinata a quella interna. A poco servirebbe preoccuparsi della generalizzazione di risultati sui quali non si può fare affidamento. Come ribadito precedentemente, esiste una stretta relazione tra i due versanti nel senso che gli elementi che soddisfano la prima possono compromettere la seconda: un esperimento perfettamente valido internamente si raggiunge controllando in un contesto di laboratorio tutti i possibili elementi di disturbo, ma così facendo si ottiene un disegno puramente artificiale, privo di validità esterna, poiché i risultati non sono estendibili ad altri contesti spazio-temporali e ad altri soggetti; viceversa, un esperimento che tenga conto della generalizzabilità dei suoi risultati introduce fattori che possono mettere a repentaglio la validità dell'inferenza tra il trattamento e l'effetto osservato. Anche su questo versante si individuano una serie di rischi classificati in diverse categorie (cfr. Campbell e Stanley, 1966; Rosenthal, 1966; Desportes, 1975; Gniech, 1976; Constandriopulos et al., 1990):

Tabella 2.5.1 – Classificazione delle minacce alla validità esterna

| Classi di fattori di invalidità esterna              | Fattori di invalidità                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selezione dei gruppi/soggetti                        | Interazione selezione-X                                                                                                                                                                                                           |
| Controllo imperfetto dello sperimentatore            | Interferenza trattamenti multipli<br>Relazione causale ambigua<br>Interventi compensatori<br>Presenza sperimentatore                                                                                                              |
| Reattività dei soggetti alla condizione sperimentale | Interazione testing-X<br>Reazione alle condizioni sperimentali<br>Contagio<br>Livellamento compensatorio dei trattamenti<br>Reazione compensatoria<br>Desiderabilità sociale<br>Demoralizzazione spiacevole<br>Ruolo del soggetto |

#### 2.5.1 Errori legati alla selezione dei soggetti

9. *Interazione selezione-X*, interviene nella relazione che si stabilisce tra le caratteristiche che determinano la formazione dei gruppi e il trattamento sperimentale. In base a questa minaccia la risposta al trattamento varia al variare dei gruppi di riferimento. La variabile indipendente produce un effetto nella direzione e nell'intensità legate alle caratteristiche dei gruppi, ma non è detto che su altri gruppi l'esito osservato sia lo stesso. Da ciò ne consegue l'estrema cautela nell'estendere i risultati ad altri target. L'inferenza è consentita legittimamente solo su gruppi simili a quelli esposti alla condizione sperimentale. Un possibile rimedio consiste nel ricorrere a una procedura di *campionamento casuale*. Laddove ciò non sia possibile si provvede alla soddisfazione di principi di *massima omogeneità tra i gruppi e massima eterogeneità all'interno di ciascun gruppo*. Il primo garantisce l'equivalenza tra i gruppi sperimentale e di controllo e in definitiva la

soddisfazione del requisito di validità interna; il secondo consente di inglobare più caratteristiche possibili e di creare gruppi più universali possibile. Spesso si accusa la ricerca psicologica di usare, per la loro più facile reperibilità, gli studenti come soggetti sperimentali, ossia un *target* con specifiche caratteristiche che non sempre rende estendibile i risultati ad altri gruppi. I soggetti dovrebbero essere scelti con uguale attenzione riguardo la loro rappresentatività nei confronti di una popolazione più ampia, a meno che non si intenda estendere i risultati ad una specifica popolazione bersaglio. Per un completo controllo del fattore, accanto alla massima variabilità intragruppo, si richiede di formulare una *teoria dell'interazione selezione-X*, ossia di uno «strutturato insieme di ipotesi intorno alle caratteristiche dei gruppi selezionati ai fini dell'esperimento che, per loro natura, possono interagire con il trattamento sperimentale X sostanzialmente secondo una duplice direzione: *coadiuvando* ovvero *ostacolando* X nella produzione dell'esito atteso/osservato» (Fasanella, 2012, pp. 3-4).

#### 2.5.2 Errori legati ad un controllo imperfetto dello sperimentatore

10. *Interferenza dovuta a trattamenti multipli*, interviene quando ci sono almeno due trattamenti sperimentali differenti o uno stesso trattamento ripetuto più di una volta sugli stessi soggetti. Un classico esempio riguarda lo studio condotto tra gli anni '20 e '30 negli stabilimenti della Western Electric Company (WEC) di Hawthorne in cui si studiarono gli effetti delle condizioni di lavoro sulla produttività. Il trattamento sperimentale è rappresentato da una sequenza di diversi gradi di luminosità e dalla presenza/assenza di musica. Quando una condizione viene ripetuta più volte sugli stessi soggetti non è possibile cancellare gli effetti dei trattamenti precedenti. Questo problema riguarda, in particolare, i disegni basati su un solo gruppo in cui l'assenza di un termine di paragone rende complicato isolare l'effetto dell'interferenza. Una soluzione pertanto consiste nell'utilizzo, ove possibile, di un *gruppo che funga da controllo* che permette attraverso la *rotazione della sequenza* di individuare l'eventuale presenza della minaccia.
11. *Relazione causale ambigua*, interviene ogni qualvolta si crea un circolo tra causa ed effetto in un processo di *turnover*; ad esempio un'insegnante calorosa determina l'entusiasmo degli studenti, il quale a sua volta produce un'insegnante ancora più calorosa che rende gli allievi ancora più felici. È necessario avere a disposizione delle argomentazioni credibili per legare l'intervento alle sue conseguenze, evitando che si alimenti il rischio di circolarità. Questo tipo di minaccia sembra essere più frequente nelle ricerche esplorative trasversali

in cui tutte le variabili di interesse vengono valutate nello stesso momento mediante l'utilizzo di un questionario.

12. *Interventi compensatori*, errore provocato dallo sperimentatore che, inconsciamente, bilancia l'assenza di un trattamento sperimentale presso il gruppo di controllo, assumendo un'attenzione particolare nei confronti di quest'ultimo. Ciò altera l'equivalenza fra questo gruppo e quello sperimentale. Il ruolo del rilevatore è molto delicato: deve mantenere un unico registro di comportamento e programmare ogni suo gesto, cercando al contempo di restare il più naturale possibile. Una soluzione, quando è possibile, consiste nel *rendere ignaro il rilevatore* della natura sperimentale o di controllo del gruppo.
13. *Presenza dello sperimentatore*, interviene minacciando la validità esterna della ricerca determinando sia effetti intenzionali sia effetti non intenzionali. Per quanto riguarda la prima forma di influsso, si fa riferimento agli *effetti intenzionali legati all'imbroglione* di cui si serve il ricercatore per il bisogno di occultare i reali obiettivi della ricerca. Si evidenziano tre tipi di implicazione che si verificano con il ricorso a manovre di inganno: etiche, metodologiche e quelle pregiudicano la futura immagine della ricerca sociale. Tenere all'oscuro il soggetto è consentito quando l'obiettivo scientifico lo richiede e non è possibile usare metodi alternativi poiché i soggetti, se fossero a conoscenza delle reali intenzioni, tenderebbero a modificare il proprio comportamento compromettendo fortemente i risultati finali. Inoltre, il termine 'inganno' comprende una vasta gamma di azioni dello sperimentatore: esistono inganni innocui che riguardano le omissioni e inganni più seri in cui i soggetti ottengono informazioni false. Da evitare sono quegli imbroglioni che forniscono ai soggetti una valutazione negativa di loro stessi. Il codice etico dell'AIP (Associazione Italiana di Psicologia) prevede in ogni caso di informare esaurientemente i partecipanti alla fine della prova o della raccolta dei dati e rispondere alle richieste o dubbi che possono insorgere.

Per quanto riguarda gli *influssi non intenzionali*, si distinguono quelli determinati dalle attese dello sperimentatore da quelli legati alle loro caratteristiche psico-fisiche. Gli *experimenter bias* sono considerati l'*alter ego* della desiderabilità sociale dei soggetti sperimentali. Rappresentano una minaccia che può accadere nei casi in cui il ricercatore, avendo una teoria sull'oggetto di ricerca e i risultati finali, viene indotto ad esercitare, anche inconsapevolmente, una pressione nei confronti dei soggetti in modo da modificare le loro condotte e raggiungere un dato esito sperimentale. Inoltre egli comunica tali aspettative ai soggetti, sia in forma di una deformazione percettiva nell'osservare e

registrare i dati, sia in modo non verbale. In particolare vengono individuate sei forme di *comunicazione non verbale* (CNV) (cfr. Duncan, 1969): a) comportamento cinetico, di cui fanno parte gesti e attività fisiche, atteggiamenti fisici, espressione del volto, movimento degli occhi e atteggiamento della testa; b) qualità paralinguistiche come modo di parlare, ridere, sbadigliare; c) *proxmics*, ossia l'utilizzo del distacco sociale e personale e il suo significato per gli altri; d) odore; e) sensitività cutanea tattile e termica; e) contenuto espressivo di mezzi ausiliari artificiosi (abbigliamento e cosmesi). La CNV può agire in due modi: è possibile che nel dare le istruzioni, si dia al soggetto, con l'accentuazione di particolari momenti, un'indicazione circa le aspettative dello sperimentatore; inoltre può accadere che lo sperimentatore rinforzi con un comportamento di apertura positiva, le risposte del soggetto che avvalorano le ipotesi di ricerca. Una strategia per ridurre il più possibile tale effetto di disturbo consiste nel *mettere per iscritto lo schema dello svolgimento dell'esperimento* in modo da minimizzare il margine di libertà d'azione dello sperimentatore. Anche le istruzioni devono essere standardizzate e fornite in forma scritta o registrate su un nastro affinché ciascuno le riceva in modo identico.

Il tema delle attese dello sperimentatore riprende il concetto elaborato da Merton 'profezia che si autoavvera' (cfr. Merton, 1949; tr. it., 1968, pp. 765-89) e ancora prima da Thomas nel suo famoso teorema: «se gli uomini definiscono reali certe situazioni, esse saranno reali nelle loro conseguenze» (cfr. Blumer, 1939, da Madge, 1962; tr. it., 1966, p. 117). In una situazione sperimentale accade che se si pre-annuncia un certo risultato sperimentale (profezia), la sua anticipazione modifica il comportamento dello sperimentatore (profeta) in modo tale da aumentare la probabilità che l'evento si produca. Per evitare un problema del genere si possono utilizzare, ove sia possibile, metodi che rendono il rilevatore ignaro della condizione a cui viene sottoposto il soggetto, come l'esperimento in *doppio cieco*. Tale strategia rappresenta un'arma a doppio taglio perché se da un lato elimina il condizionamento dello sperimentatore circa i risultati che si attende, dall'altro produce la minaccia che i rilevatori all'oscuro delle reali ipotesi possano elaborare le proprie ipotesi sull'esperimento influenzando così in modo non intenzionale i soggetti nella direzione della loro idea di obiettivi cognitivi dell'esperimento. Oltre a ciò, è possibile aiutarsi, in una fase di controllo *ex post*, con *tecniche audiovisive*.

Gli effetti legati alle *caratteristiche psico-fisiche degli sperimentatori* portano i soggetti ad alterare le loro risposte (*experimenter effect*). Rosenthal distingue tra *caratteri biosociali* come sesso, età, razza, religione e *caratteri psicosociali* come esperienza, atteggiamento di ostilità, simpatia, ansia, autoritarismo, acquiescenza (cfr. Rosenthal, 1966). I c.d. *effetti*

*modeling* agiscono nel senso di un adattamento dei soggetti al comportamento dello sperimentatore: gli sperimentatori entusiasti appassiano i loro soggetti, mentre gli sperimentatori apatici, solitamente, riducono le capacità effettive dei loro soggetti. Una misura per ridurre tale fonte di errore consiste in un *atteggiamento del rilevatore* che sia più *neutrale* possibile, che minimizzi l'improvvisazione e fornisca istruzioni standardizzate.

### 2.5.3 Errori legati alla reattività dei soggetti nei confronti della situazione sperimentale

14. *Interazione testing-X*, sensibilizzazione al trattamento attraverso il test. Il test prima dello stimolo prepara, indirizza e sensibilizza la prospettiva del soggetto verso il trattamento. Ad esempio un programma sperimentale rappresentato dalla visione di un film che incorpora diversi temi possibili, posto successivamente ad un questionario, fa sì che tale film incanali e orienti la riflessione verso certe tematiche.
15. *Reazione alle condizioni sperimentali*, si verifica quando l'effetto osservato è dovuto più alle caratteristiche della situazione sperimentale che non all'effettivo trattamento. Il rischio in questo caso consiste nella difficoltà di depurare l'effetto del programma sperimentale dagli effetti delle condizioni sperimentali. Un problema di questo genere non consente la generalizzabilità dei risultati dello studio, per quanto internamente validi. L'esperimento alla WEC costituisce un esempio anche sotto questo aspetto. Molti fattori come l'illuminazione, la lunghezza dei tempi di lavoro vennero sottoposti a controllo. Emerse che i cambiamenti della produttività avevano poco a fare con le condizioni di lavoro. Accadde che i lavoratori che venivano separati dagli altri compagni di lavoro sapevano di essere sottoposti ad esperimento e reagivano a tale condizione. La co-presenza di sperimentatore e soggetto sperimentato è una particolare condizione sociale in cui generalmente il primo impartisce dei compiti eseguiti dal secondo, osservandolo attentamente e silenziosamente senza fare commenti. Gli studi condotti da Desportes rivelano che, non necessariamente la presenza fisica, ma il semplice sapere di essere osservati da persone esperte e capaci di giudicare la prova, attiva un condizionamento nel soggetto sottoposto ad osservazione che innalza il livello di tensione e facilita l'emissione di risposte dominanti. Sapendosi osservato, il soggetto formula l'ipotesi di essere giudicato dagli spettatori, sebbene questi non facciano apertamente né critiche, né elogi (cfr. Desportes, 1975; tr. it., 1978). Ogni volta che i soggetti sono consapevoli di partecipare ad un esperimento il loro comportamento può differire da quello naturale e ordinario. In un disegno realizzato in ambito sociale, coloro che sono sottoposti al trattamento possono reagire non esclusivamente alle variabili della condizione sperimentale, ma *inter-agire* con

esse, manipolandole a loro volta, oppure sostituirle con altre, o ancora, utilizzare degli indizi, forniti involontariamente dallo sperimentatore, per scoprire le ipotesi che costui vuole testare. Per evitare questo problema si suggerisce, ove possibile, di *usare strumenti di misura non intrusivi*, tali cioè da non stimolare nei soggetti la consapevolezza di essere sottoposti ad un esperimento.

16. *Contagio*, si tratta di un rischio che può intervenire quando non c'è isolamento tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo bensì comunicazione e scambio di informazioni. Un rimedio, ove possibile, è *eliminare la comunicazione* tra i gruppi, nonché la fuga di informazioni in modo da non ingenerare nei soggetti reazioni distorcenti l'effetto.
17. *Livellamento compensatorio dei trattamenti*, interviene quando uno dei programmi sperimentali appare migliore e si assiste ad un conseguente bilanciamento tra essi.
18. *Reazione compensatoria*, rischio che riguarda il gruppo di controllo quando è conoscenza del trattamento cui viene sottoposto il gruppo sperimentale. Questo pericolo si può esplicitare nell'*imitazione del trattamento o compensazione positiva*, che consiste nell'emulazione di un gruppo sottoposto ad un trattamento più divertente o desiderabile da parte di un altro gruppo al quale viene somministrato un altro programma, oppure, al contrario, nella *demotivazione o compensazione negativa*, che produce nel gruppo che ha ricevuto un trattamento meno desiderabile una spinta a far meglio, con la conseguenza di ridurre nel posttest la differenza dell'effetto prodotto rispetto all'altro gruppo.
19. *Desiderabilità sociale*, in quanto in alcuni esperimenti gli atteggiamenti assunti dai soggetti osservati sono condizionati dal desiderio di soddisfare le attese dello sperimentatore. Questo rischio accade poiché il processo di raccolta dei dati avviene in un tipo particolare di interazione sociale che dà allo sperimentatore un *potere* sul soggetto studiato. Il ricercatore ha la facoltà di chiedere qualsiasi cosa, anche eventualmente richieste bizzarre, e il soggetto è portato ad assecondarlo proprio per i ruoli che entrambi rivestono, sia perché si tratta di una particolare situazione sperimentale e non di un fatto di vita quotidiana, sia perché tale azione ha un fine legittimo e serve a scoprire delle cose (cfr. Orne, 1969). D'altro canto, spesso il rilevatore viene visto come valutatore e, nei casi di esperimenti realizzati in classi scolastiche, il soggetto può avere paura da un lato che la performance rifletta il suo dossier di studente, dall'altro che egli possa essere trattato in funzione di questa prestazione. A volte, inoltre, nonostante lo sperimentatore dissimuli o camuffi lo scopo dell'esperimento o, quando non può farlo, non manifesti comunque la "buona risposta", il soggetto sa che ci sono delle risposte che faranno aumentare o

abbassare il rendimento, per questo talvolta l'esperimento viene visto come una gara o un gioco.

La desiderabilità sociale è un elemento di disturbo che viene introdotto, come appena chiarito, perché i soggetti sentono di essere valutati e questo conduce alla causa prima che innesca tale rischio, ossia i soggetti sottoposti ad osservazione cercano di dare un'immagine di sé migliore possibile; cercano di presentarsi al meglio mostrando le proprie qualità e nascondendo i propri difetti (cfr. Riecken, 1969). L'intervento di tali fattori impedisce di discernere gli effetti indotti dalla variabile indipendente e di generalizzare questi ultimi rispetto ad altre situazioni. Il soggetto è portato a presentarsi nel miglior modo possibile soprattutto quando il compito prevede la presentazione di una capacità, un talento o una competenza. Numerosi lavori sperimentali evidenziano che la presenza dello sperimentatore può attivare nei soggetti che sanno di essere osservati, e quindi valutati, un meccanismo detto di *implicazione personale* legato al fatto che i soggetti devono far fronte ad una minaccia che risiede nel timore che gli spettatori diano una valutazione negativa di se stessi (cfr. Desportes, 1975; tr. it. 1978). L'implicazione personale provoca un comportamento di *impegno* diretto con il compito: i soggetti si sforzano di realizzare una prova che consenta di ottenere una valutazione positiva. Per realizzare una buona performance, i soggetti si riferiscono al criterio oggettivo di riuscita del compito da eseguire, a norme sociali, e al loro personale criterio di riuscita, se il compito non comporta un criterio oggettivo o se questo è ambiguo. La presenza di persone tecniche che osservano la prova da un lato può determinare effetti facilitanti l'esecuzione dei compiti (impegno), dall'altro effetti di inibizione (ansia). L'impegno diretto con il compito, infatti, non è la sola conseguenza dell'implicazione personale: quando il soggetto ritiene di non realizzare la migliore prova possibile e di ricevere dagli osservatori una valutazione negativa, l'implicazione diviene generatrice di *ansia*. Più i soggetti sono ansiosi, si denigrano e credono di non svolgere una buona prova, più hanno la tendenza a dare risposte interferenti con l'esecuzione del compito. I meccanismi di impegno e ansia appena presentati si attivano sia in base alla personalità ansiosa dei soggetti, sia in relazione alla difficoltà soggettiva, e quindi percepita, dei compiti.

Come evitare di incorrere in questo genere di rischi? A prima vista la soluzione sembrerebbe l'eliminazione della causa per eliminare gli effetti: l'isolamento del soggetto. Tuttavia, tale soluzione risulta difficilmente applicabile sia perché l'esecuzione della maggioranza dei compiti richiede generalmente che lo sperimentatore sia presente, sia perché la sua assenza non annulla automaticamente gli effetti distorcenti, sicché lo

pseudo-isolamento non può considerarsi una soluzione. Un rimedio efficace, laddove sia applicabile, consiste nello sforzarsi di *eliminare nel soggetto l'idea di essere giudicato*, ad esempio sottoponendolo molte volte alla presenza dello sperimentatore in modo da rendere quest'ultimo sottofondo quotidiano della sua realtà. Automaticamente si ingenererebbero, tuttavia, altre minacce legate alla dilatazione dei tempi di esecuzione dell'esperimento quali l'assuefazione della prova come acquisizione della pratica, la stanchezza dei soggetti o il loro eventuale cambiamento, l'eventualità di eventi esterni che possono condizionare gli esiti dell'esperimento.

Un rimedio contro le risposte desiderabili è garantire il rispetto della legge che tutela la *privacy* dei soggetti. Qualora i dati dovessero essere raccolti tramite un questionario standardizzato, si potrebbero tranquillizzare i soggetti circa il trattamento in forma anonima delle risposte fornite.

20. *Demoralizzazione spiacevole*, dove si può introdurre un effetto opposto a quello determinato dal fattore precedente, ossia, anziché essere motivati a reagire in maniera più proficua in risposta al trattamento migliore dell'altro gruppo, i soggetti che ricevono il trattamento meno desiderabile, smettono di sforzarsi provocando un aumento artificiale del gap tra gli effetti rilevati nei due posttest.

In primo luogo è da evitare di trovarsi nella situazione in cui l'attribuzione dell'effetto sia ambigua; per questo motivo bisogna *ipotizzare ex ante*, in fase di progettazione, le minacce che sono suscettibili di operare nelle circostanze nelle quali il disegno viene realizzato. È necessario inoltre pianificare la ricerca in modo tale da consentire i *controlli ex post*, in fase di analisi dei dati, per l'eventuale riduzione delle minacce.

21. *Ruolo del soggetto*, per il quale in letteratura sono state individuate tre dimensioni comportamentali principali che un soggetto ricopre in un esperimento psicologico rispetto alle richieste dello sperimentatore (cfr. Gniech, 1976; tr. it., 1981): il soggetto "buono" che si adatta, il soggetto "negativistico" che fa opposizione, il soggetto "sincero", ossia neutro. È la valutazione della situazione da parte del soggetto a determinare le sue reazioni. Il *soggetto "buono"* è il tipo più frequente e costituisce l'estremo di un *continuum* che sul versante opposto presenta il ruolo, meno riscontrabile, del soggetto renitente. È definito buono perché si preoccupa del contributo che può dare per la riuscita della ricerca. Il suo ruolo è definito dal tentativo di assumere il comportamento che, a suo avviso, corrisponde ai desideri dello sperimentatore. Il *soggetto "negativistico"* si sente pressato e, in caso di controllo e coercizione, vuole dimostrare la propria libertà e indipendenza dalle richieste

dello sperimentatore e si ribella al ruolo di cavia in sei possibili modi: assenza fisica, sottrazione psicologica, aperta ostilità, celata ostilità dimostrandosi un soggetto difficile, dar rilievo al fatto di aver ricevuto denaro per la partecipazione, alleanza con altri soggetti. Infine, il *soggetto "neutro"* non tenta di comprendere le ipotesi della ricerca, né tanto meno aderirvi e ripone totale fiducia nello sperimentatore. Capace di estraniarsi dalla situazione sociale dell'esperimento, il soggetto sincero rappresenta il comportamento ideale ma possibile solo in situazioni sperimentali in cui la complessità delle richieste è modesta.

## 2.6 Le minacce e i controlli alla validità di costrutto

La validità di costrutto costituisce una delle più difficili forme da salvaguardare per l'esistenza di un numero indefinito di teorie rivali in grado di costituire alternative plausibili a quella che il ricercatore ha intenzione di sottoporre a controllo. Per garantire tale validità bisogna ottenere una risposta affermativa alla domanda secondo la quale ogni possibile teoria antagonista è meno plausibile di quella che si ritiene confermata dalla ricerca stessa. A tal fine la teoria di interesse deve essere sufficientemente specificata e corroborata (cfr. Cook e Campbell, 1979; Mcburney, 1986, tr. it., 2001):

*Tabella 2.6.1 – Classificazione delle minacce alla validità di costrutto*

| <i>Classi di fattori di invalidità di costrutto</i> | <i>Fattori di invalidità</i>           |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Concettualizzazione del trattamento sperimentale    | Effetto ambiguo variabili indipendenti |
| Rapporto di indicazione                             | Debolezza legame teoria-esperimento    |

### 2.6.1 Errori legati al rapporto di indicazione

22. *Debolezza del legame tra teoria ed esperimento*, ossia tra la dimensione concettuale e il referente operativo atto a rappresentarla empiricamente (cfr. Fasanella, Allegra, 1995). La rappresentazione del concetto in termini operativi può dirsi inadeguata per il fatto che la traduzione adottata rappresenta anche, almeno in parte, altri concetti legati. Si tratta del problema circa la *corrispondenza tra concetti e indicatori*. Ad esempio il mangiarsi le unghie può costituire un buon metodo per la misura dell'ansia? Imparare a scrivere con le dita dei piedi potrebbe fornire una buona misura dell'apprendimento? Non esiste una corrispondenza biunivoca tra concetti e indicatori, cioè i due elementi non sono legati in

termini di certezza ma solo attraverso relazioni di probabilità. Ogni espediente tecnico teso ad accertare la validità fornisce solo una stima indiretta della bontà di tale rapporto.

### 2.6.2 Errori legati alla concettualizzazione del trattamento sperimentale

23. *Effetto ambiguo delle variabili indipendenti*, nel senso che uno sperimentatore può progettare accuratamente un esperimento in cui tutte le variabili che potrebbero confondersi con quelle studiate sono ragionevolmente ben controllate, ma i risultati sono compromessi dal fatto che i soggetti danno al trattamento una accezione diversa rispetto a quella fornita dal ricercatore. Si pone il problema della *congruenza semantica intrasoggettiva e intersoggettiva*. Nel primo caso soggetti diversi interpretano gli stessi termini e espressioni in modo conforme ai significati che il ricercatore aveva in mente quando ha elaborato il trattamento sperimentale; nel secondo caso lo stesso soggetto interpreta allo stesso modo gli stessi termini o espressioni in modo conforme ai significati attribuiti dal ricercatore alla condizione sperimentale. Una possibile soluzione ai problemi di rappresentazione incompleta o confusa del trattamento con altre variabili, consiste nell'*adottare diverse definizioni operative della stessa variabile teorica*. Si tratta della proposta di Campbell e Fiske definita *matrice multitratto-multitecnica* (cfr. Campbell, Fiske, 1959). Essa tuttavia rappresenta una soluzione onerosa poiché prevede la realizzazione di tanti esperimenti quante sono le definizioni operative adottate comprendendoli in un unico disegno di ricerca. Va detto, infine, che in una fase successiva alla raccolta e all'analisi dei risultati ci si può spingere a ridefinire i concetti inizialmente adottati, nella direzione di una operativizzazione più puntuale.

## 2.7 Le minacce e i controlli alla validità statistica

Ricordando che la validità statistica corrisponde alla verifica della significatività di una relazione tra due variabili, i pericoli derivanti da questa forma sono legati ad un uso improprio della statistica in fase di analisi dei dati (cfr. Cook e Campbell, 1979; Mcburney, 1986, tr. it. 2001; Ercolani, Areni, Mannetti, 1990; Keppel, Saufley, Tokunaga, 1992; tr. it. 2001). La decisione circa la significatività di una covariazione è sempre probabilistica. Si tratta, infatti, di confrontare il grado di covariazione e l'errore casuale osservato con i valori limite, stabiliti sulla base dell'entità del rischio di errore che si intende accettare nell'asserire che esiste una covariazione.

Tabella 2.7.1 – Classificazione delle minacce alla validità statistica

| Classi di fattori di invalidità statistica | Fattori di invalidità                  |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| Uso improprio della statistica             | Bassa potenza statistica               |
|                                            | Violazione assunti dei test statistici |
|                                            | Errori di I tipo                       |
|                                            | Errori di II tipo                      |

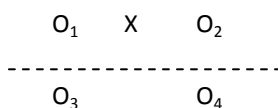
### 2.7.1 Errori legati ad un uso improprio della statistica

24. *Bassa potenza statistica*, definita come scarsa sensibilità dell'indagine. Per potenza statistica si intende la capacità di evidenziare l'effetto, in base alle dimensioni del campione utilizzato e alla relativa variabilità interna. La potenza statistica è ridotta quando il campione è piccolo e la variabilità interna ai gruppi confrontati è elevata. Come misura di controllo *ex ante* è necessario individuare le *dimensioni del campione* necessarie per raggiungere un particolare livello di significatività, mentre *ex post* si *valutano i risultati* emersi sulla base dei valori.
25. *Violazioni delle assunzioni del test statistico usato*. Esistono molteplici test ognuno dei quali ha specifiche caratteristiche di applicabilità. Violare gli assunti del test e impiegarlo in maniera impropria rinunciando a soddisfare alcuni requisiti può comportare rischi più o meno gravi.
26. *Errori di I tipo*, ossia concludere che c'è covariazione quando non esiste. Questo accade quando si effettuano confronti multipli senza specifiche ipotesi (*fishing*) circa le relazioni che si prevedono. In tali condizioni aumenta la probabilità di ottenere solo per caso una certa proporzione di confronti significativi. Se non si tiene conto di ciò e non si fissano livelli di probabilità di errore più bassi, si corre maggiormente il rischio di concludere che esiste una covariazione quando non c'è.
27. *Errori di II tipo*, ossia concludere che non c'è covariazione quando in realtà esiste. Questa minaccia è determinata dalla eccessiva eterogeneità dei soggetti, dalla scarsa fedeltà sia delle tecniche usate per misurare le variabili, sia delle operazioni di manipolazione della variabile indipendente. Rimedi validi sia per gli errori di I tipo che per quelli di II tipo volti a ridurre la varianza d'errore, consistono nell'utilizzo di *disegni di ricerca con prove ripetute* e nell'uso di *gruppi* il più possibile *omogenei* e di gruppi appaiati.

### 3.1 Il disegno quasi-sperimentale con gruppo di controllo non equivalente

La fase empirica del presente lavoro consiste nell'utilizzo di un disegno quasi-sperimentale al fine di analizzare il *cambiamento cognitivo secondo un'ottica longitudinale*. Tale progetto si inserisce in un programma di ricerca più ampio diretto dal Prof. Fasanella per conto dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (ISPRA) (cfr. Fasanella, Maggi, a c. di, 2011). Obiettivo cognitivo dell'indagine consiste nel valutare gli effetti di una campagna di informazione sui rischi derivanti dall'esposizione a sorgenti di radiazioni. Il *target* di riferimento è costituito dagli studenti tra i 14 e i 19 anni, facilmente raggiungibile sia da un punto di vista logistico, sia da un punto di vista funzionale. In generale la determinazione dell'effetto a seguito dell'ingresso intenzionale di un trattamento avviene tramite una strategia sperimentale come ampiamente illustrato nei precedenti capitoli. Nel presente caso si tratta di un disegno quasi-sperimentale che nella terminologia usata da Campbell e Cook è chiamato *disegno con gruppo di controllo non equivalente*, che può essere rappresentato graficamente nel modo seguente:

Figura 3.1.1 – Disegno quasi-sperimentale di Cook e Campbell



Fonte: nostra ri-elaborazione da Cook, Campbell, 1979, p. 104.

in cui:

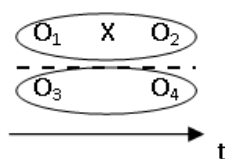
$O_i$  indica il processo di *osservazione* o misurazione. In particolare  $O_1$  e  $O_3$  rappresentano rispettivamente i pretest del gruppo sperimentale e del gruppo di controllo, mentre  $O_2$  e  $O_4$  i posttest.

$X$  rappresenta la *variabile indipendente o trattamento sperimentale* riguardante solo il gruppo sperimentale.

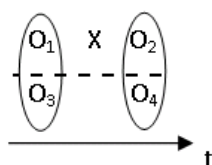
La linea tratteggiata indica che l'assegnazione dei soggetti ai gruppi di comparazione non è ottenuta mediante una procedura di randomizzazione, dunque i gruppi sono naturali e non perfettamente equivalenti.

Osservazioni e trattamenti sulla prima riga si riferiscono ad un dato gruppo, quello *sperimentale*, mentre le osservazioni sulla seconda riga riguardano l'altro gruppo, quello che funge da *controllo*.

La lettura orizzontale del disegno (da sinistra a destra) si riferisce ad un'*analisi diacronica* che indica la possibilità effettuare un *confronto longitudinale nei rispettivi gruppi* attraverso il pretest e il posttest e quindi valutare la presenza di cambiamenti intercorsi tra gli intervalli temporali:



La lettura verticale del disegno (dall'alto al basso) si riferisce ad un'*analisi sincronica* che indica la possibilità di effettuare un *confronto trasversale tra i gruppi* nello stesso intervallo temporale in modo da valutare l'esistenza di eventuali differenze, sia in fase di pretest, sia in fase di posttest:



Scendendo nel dettaglio del lavoro empirico, nei successivi sottoparagrafi verranno illustrate le operazioni standard effettuate in qualsiasi disegno di ricerca legate alla rilevazione dei casi e delle variabili attraverso i rispettivi strumenti. Oltre a ciò si farà riferimento alle specifiche procedure legate ad un'indagine quasi-sperimentale che prevede la costituzione di due gruppi, la concettualizzazione del trattamento sperimentale, il modello teorico, la realizzazione di rilevazioni su entrambi i gruppi in due occasioni.

### 3.1.1 La procedura di campionamento e la selezione dei casi

Per quanto riguarda la *selezione dei casi* che costituiscono il campione di analisi, si è proceduto mediante un *campionamento ragionato a grappolo*, in cui le unità elementari sono gli alunni delle scuole, dal primo al quinto anno, mentre le scuole costituiscono i grappoli estratti attraverso gli strumenti dell'analisi statistica spaziale. In quattro città del Lazio (Roma, Frosinone, Latina e Viterbo), sono stati selezionati 24 *cluster*, sei per ciascuna di esse, suddivisi secondo il tipo di istituto:

Tabella 3.1.1 – Scuole campionate<sup>6</sup>

| <i>Città</i> | <i>Liceo</i>                         | <i>Istituto tecnico</i> | <i>Istituto professionale</i> |
|--------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Roma         | <i>Liceo classico De Sanctis</i>     | ITIS Fermi              | IPSSAR via Lombroso           |
|              | <i>Liceo scientifico Pasteur</i>     | ITIS via Lombroso       | IPSCT Stendhal                |
| Frosinone    | Liceo classico Turriziani            | ITG Brunelleschi        | IPSS Angeloni                 |
|              | Istituto magistrale Fratelli Maccari | ITC da Vinci            | IPSIA Galilei                 |
| Latina       | Liceo scientifico Majorana           | ITC Galilei             | IPAA San Benedetto            |
|              | Liceo classico Alighieri             | ITIS Marconi            | <i>IIS Sani-Salvemini</i>     |
| Viterbo      | Liceo classico Buratti               | ITC Savi                | IPSIA Marconi                 |
|              | <i>Liceo scientifico Ruffini</i>     | <i>ITGS da Vinci</i>    | ISS Orioli                    |

La scelta delle città è stata determinata dalla presenza di fonti di radiazioni in tre siti, di cui due artificiali (a Roma e a Latina) e una naturale (a Viterbo), e dall'assenza in una provincia di sorgenti radioattive (Frosinone). Per le città di Roma e Latina l'individuazione delle scuole da considerare dipende dalla localizzazione spaziale degli istituti tenendo conto sia della distanza tra essi, sia della vicinanza rispetto alla fonte di radiazione. Ciò che determina quest'ultimo criterio è l'ipotesi secondo cui gli studenti iscritti a questi istituti, proprio in virtù della prossimità alla fonte di radiazione, dovrebbero essere più informati, e quindi più sensibili, al tema investigato. Per le scuole di Viterbo e Frosinone si è proceduto a individuare e scegliere per esigenze di tipo pratico quelle più popolate. Dal contatto con ciascuna scuola non tutti i presidi hanno dato il consenso a collaborare per cui si è proceduto a sostituire quelle unità, mantenendo ove possibile l'equipollenza del tipo di istituto.

Tabella 3.1.2 – Scuole effettive<sup>7</sup>

| <i>Città</i> | <i>Liceo</i>                         | <i>Istituto tecnico</i>                           | <i>Istituto professionale</i> |
|--------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Roma         | <i>Liceo classico Tacito</i>         | ITIS Fermi                                        | IPSSAR via Lombroso           |
|              | <i>Liceo scientifico Archimede</i>   | ITIS via Lombroso                                 | IPSCT Stendhal                |
| Frosinone    | Liceo classico Turriziani            | ITG Brunelleschi                                  | IPSS Angeloni                 |
|              | Istituto magistrale Fratelli Maccari | ITC da Vinci                                      | IPSIA Galilei                 |
| Latina       | Liceo scientifico Majorana           | ITC Galilei                                       | IPAA San Benedetto            |
|              | Liceo classico Alighieri             | ITIS Marconi                                      | <i>IPSIA Mattei</i>           |
| Viterbo      | Liceo classico Buratti               | ITC Savi                                          | IPSIA Marconi                 |
|              | <i>Liceo scientifico Canonica</i>    | <i>Ex scuola magistrale Santa Rosa da Viterbo</i> | ISS Orioli                    |

<sup>6</sup> In corsivo vengono riportate gli istituti scolastici, i cui dirigenti non hanno dato il consenso a partecipare alla ricerca, che sono stati sostituiti.

<sup>7</sup> In corsivo vengono riportati gli istituti selezionati come sostituti.

Come accennato poco sopra, per ciascun istituto è stato considerato l'intero ciclo di studi in modo da coprire l'arco di età tra i 14 e i 19 anni, quindi per ciascun *cluster* si è operata una ulteriore selezione delle classi in cui effettuare la rilevazione preferendo scegliere classi appartenenti a sezioni e/o indirizzi formativi differenti in modo da costituire un campione maggiormente eterogeneo. Complessivamente dunque il campione è composto da 5 classi per ciascuno dei 6 istituti per le 4 città del Lazio per un totale di 120 classi, e coinvolge 2.635 studenti, di cui 1.346 appartenenti al gruppo sperimentale e 1.289 al gruppo di controllo.

Il disegno sperimentale scelto prevede la costituzione di un gruppo sperimentale, al quale somministrare l'intervento, e un gruppo di controllo non sottoposto a tale momento formativo. Per motivi organizzativi l'unità di analisi che ha determinato la costituzione dei due gruppi è stata la scuola anziché la classe. Questa scelta ha permesso di evitare completamente il rischio di contagio e fuga di informazioni circa l'intervento e il non intervento nelle classi coinvolte. L'attribuzione di ciascuna scuola all'uno e all'altro gruppo è avvenuta in maniera del tutto casuale, tuttavia non è possibile garantire una perfetta equivalenza tra i due gruppi poiché il processo di randomizzazione avviene su unità precostituite e non predisposte *ad hoc* per esigenze della ricerca. Come ribadito nel paragrafo 1.4.2, quando si ha a che fare con gruppi naturali si parla di *disegno quasi-sperimentale*. Si tratta per questo motivo di piani per i quali si richiede un ancora più rigoroso, attento e preciso esame circa la similarità dei gruppi per la garanzia di inferenze valide e attendibili.

Nella tabella che segue si riportano gli istituti suddivisi per città e per appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo:

*Tabella 3.1.3 - Suddivisione delle scuole effettive per provincia e appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo*

| <i>Città</i> | <i>Gruppo sperimentale</i>           | <i>Gruppo di controllo</i>                 |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|
| Roma         | Liceo classico Tacito                | ITIS Fermi                                 |
|              | ITIS via Lombroso                    | Liceo scientifico Archimede                |
|              | IPSSAR via Lombroso                  | IPSCT Stendhal                             |
| Frosinone    | Istituto magistrale Fratelli Maccari | ITG Brunelleschi                           |
|              | IPSIA Galilei                        | Liceo classico Turriziani                  |
|              | ITC da Vinci                         | IPSS Angeloni                              |
| Latina       | Liceo scientifico Majorana           | ITC Galilei                                |
|              | IPSIA Mattei                         | Liceo classico Alighieri                   |
|              | ITIS Marconi                         | IPAA San Benedetto                         |
| Viterbo      | Liceo classico Buratti               | Ex scuola magistrale Santa Rosa da Viterbo |
|              | IPSIA Marconi                        | Liceo scientifico Canonica                 |
|              | ITC Savi                             | ISS Orioli                                 |

Trattandosi di un disegno quasi-sperimentale che prevede una rilevazione doppia in due momenti temporali, le informazioni sui casi verranno rilevate due volte. Questo comporta il problema della mortalità statistica di quei soggetti non presenti in tutte le fasi e il conseguente ridimensionamento del campione sottoposto alle successive analisi. I ragazzi presenti in tutte le occasioni ammontano a 1.757 soggetti, di cui 845 del gruppo sperimentale e 912 di quello di controllo<sup>8</sup>.

### 3.1.2 Il trattamento sperimentale

Il *trattamento sperimentale* viene definito come una *campagna di comunicazione* volta a informare e sensibilizzare circa il rischio da esposizione a fonti radioattive naturali e artificiali. L'intervento formativo viene previsto come immediatamente successivo alla somministrazione del primo questionario volto a sondare il livello di conoscenze sul tema. Si tratta una lezione esaustiva tenuta dal personale tecnico dell'ISPRA competente su ciò che è ritenuto rilevante in tema di radiazioni, ossia origine, impieghi e rischi delle radiazioni ionizzanti. C'è coerenza tra gli item inseriti nel questionario e gli argomenti sviluppati nel corso dell'intervento formativo. La trattazione è organizzata in un'ora e mezza circa di esposizione dei contenuti e in una mezz'ora di dibattito finale che si auspica stimoli domande, richieste di chiarimento e curiosità da parte degli studenti. L'approccio prevede un'interazione *face to face* con una figura ritenuta esperta, tecnica ed istituzionale; tali caratteristiche possono da un lato determinare credibilità e professionalità, e dall'altro sospetto e mancanza di fiducia nei confronti di un soggetto diverso ai docenti con cui quotidianamente gli studenti si relazionano. Perciò sono possibili nei ragazzi gli atteggiamenti contrastanti di accoglienza e di rifiuto. Accanto all'esposizione unilaterale delle informazioni, l'intervento formativo prevede uno spazio finale da dedicare ad un dibattito che esorti i ragazzi alla riflessione e all'approfondimento di curiosità che possano innescare un processo di sensibilizzazione verso il tema. Tuttavia l'interazione dialogica costituisce una forma poco ordinaria di acquisizione delle informazioni nella didattica quotidiana per cui la sua efficacia potrebbe risultare limitata.

La lezione è rivolta all'intero ciclo di studi di ogni scuola appartenente al gruppo sperimentale. La decisione di rivolgere almeno alle cinque classi di un istituto la stessa lezione con lo stesso tecnico nello stesso giorno e nelle stesse condizioni logistiche è dipesa dal fatto di rendere quanto più *standardizzato lo stimolo*. D'altro canto bisogna fare i conti con diversi livelli di conoscenze, di

---

<sup>8</sup> I casi presenti solo al pretest o solo al posttest non vengono utilizzati nelle successive analisi, tuttavia sono stati molto utili nella fase di controllo circa l'equivalenza dei due gruppi.

maturità e attenzione di un *target* anagraficamente eterogeneo e con un generale clima di difficile concentrazione che caratterizza le attività straordinarie come le conferenze. L'intervento è stato progettato per lo "studente medio", che possiede un bagaglio di conoscenze, interesse e attenzione per il tema minimo. Nello svolgimento della lezione l'esperto di turno si avvale di materiali audiovisivi come *slides* per facilitare l'esposizione e coinvolgere maggiormente l'attenzione della platea. Il contenuto di ciascuna diapositiva è valutativo, nel senso che è svincolato da qualsiasi interesse di parte e si limita ad esporre benefici e rischi derivanti dalle radiazioni.

Tra gli elementi del trattamento sperimentale vero e proprio che si ipotizzano legati all'esito dell'effetto si menzionano le *modalità di costruzione del messaggio* quali la sinteticità, la visibilità e l'immediata intelligibilità, inoltre anche la *novità dei contenuti* intesa come distanza rispetto a ciò che si conosce può condurre alla noia e ad un calo di attenzione. Importante è anche la presenza di *elementi che coinvolgono emotivamente* e sono capaci di stimolare e catturare l'attenzione. Fondamentale è inoltre la capacità di coinvolgimento del relatore, non solo per le sue specifiche competenze professionali, ma anche per le sue doti di oratore verso un pubblico che ha bisogno di essere interessato e reso partecipe. Infine, da non dimenticare, le *caratteristiche del materiale didattico utilizzato*, deve essere ben realizzato al fine di creare una maggior soddisfazione in chi ascolta.

L'esito dell'intervento non è tuttavia il risultato esclusivamente imputabile ai caratteri della lezione formativa condotta dagli esperti, ma rappresenta il prodotto dell'interazione di una serie di aspetti individuali e contestuali di cui è necessario tener conto. Tra le *variabili individuali* si fa riferimento ai *livelli di attenzione e di memoria* degli esposti allo stimolo, che sono inevitabilmente diversificati a seconda delle caratteristiche di ogni soggetto quali il genere, l'età, l'anno di corso, il tipo di scuola frequentata, ecc. Anche la *capacità di comprensione*, le *motivazioni individuali* e l'*esperienza personale* sono strettamente legate alle variabili strutturali appena elencate, ma dipendono anche dal *background* culturale e dalle caratteristiche socio-familiari.

Tra le *variabili contestuali* si distinguono gli elementi cui è possibile tener conto *ex ante* lo svolgimento della lezione, i cui effetti di disturbo possono essere previsti e neutralizzati o quanto meno tenuti sotto controllo, e gli aspetti accidentali o imprevisti di cui non si può tener conto a monte. Del primo tipo sono le *caratteristiche strutturali dell'ambiente fisico* entro cui si svolge il trattamento, quali le dimensioni della stanza, i livelli di acustica e di luminosità, ossia la presenza di elementi di disturbo oppure di caratteristiche che agevolano lo svolgimento della lezione. Rientra invece nella seconda classe il *clima dell'interazione*, inteso come sistema complesso di relazioni

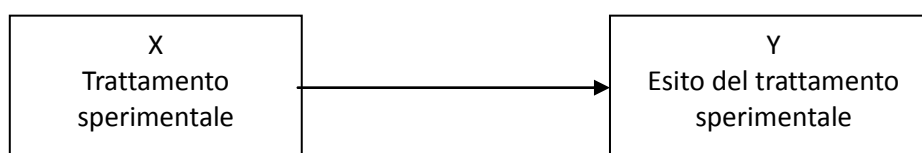
che si stabiliscono tra gli studenti, il *team* della ricerca e il personale docente. Non si può anticipatamente conoscere il ruolo e l'atteggiamento delle tre categorie e le reciproche interazioni.

### 3.1.2.1 Il modello teorico di analisi del cambiamento cognitivo

L'intervento formativo viene progettato in modo da produrre nel campione considerato un miglioramento delle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti.

Più nel dettaglio, dopo aver pianificato e realizzato l'esperimento si intende conoscere attraverso la misurazione dell'esito se si è prodotto un cambiamento nell'oggetto osservato. Una volta appurata l'esistenza di un mutamento, si è interessanti a conoscere l'entità dello stesso, a quantificarlo e/o connotarlo semanticamente nella direzione di un miglioramento ovvero di un peggioramento rispetto allo stato precedente; infine, nell'ottica di *validare internamente* l'esperimento, si accerta il processo di imputazione causale tra lo stimolo X e l'esito Y. Ma ciò non basta: ai fini della generalizzabilità dell'esito osservato, si pone la questione di *validità esterna* dell'esperimento. In una logica sperimentale di tipo tradizionale rappresentata dal classico modello S-R in cui lo stimolo (X) agisce producendo una risposta (Y), si indaga la relazione tra X e Y senza tenere in considerazione l'eventuale presenza di variabili terze teoricamente collegate al programma sperimentale in grado di innescare differenti esiti. Questa impostazione può essere rappresentata come segue:

Figura 3.1.4 – Logica sperimentale in ottica comportamentista



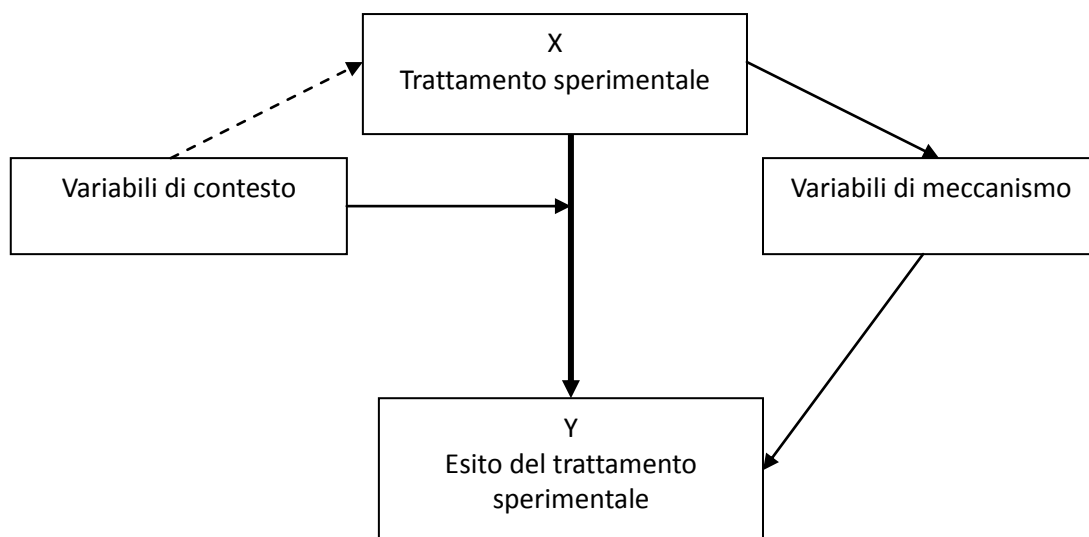
Tra il trattamento sperimentale e l'esito osservato possono essere concettualizzate, operativizzate e rilevate variabili terze che se si cede ad una logica di tipo comportamentista possono rimanere nascoste. Il cambiamento cognitivo si ipotizza sia prodotto dall'incontro tra l'evento esterno e la struttura alla quale si rivolge. Tale incontro è generato non solo da *fattori endogeni* ma anche da *fattori esogeni* rispetto all'evento: i primi, rintracciabili all'interno, fanno riferimento a tutti gli elementi relativi alla capacità dell'evento di attecchire e che la logica comportamentista indaga, mentre i secondi, individuabili all'esterno, riguardano la capacità della struttura di assorbirlo.

Come osservato, il classico modello comportamentista «stimolo-risposta» si concentra esclusivamente sui fattori endogeni – che nel presente caso-studio sono relativi alle caratteristiche

insite al programma sperimentale di intervento formativo discussi nel paragrafo precedente – in quanto è interessato a descrivere e connotare la variabile indipendente X progettata per produrre un certo esito Y.

Volendo superare tale impostazione si può ipotizzare un quadro più complesso che chiarisca la connessione tra X e Y introducendo una *terza variabile* che implica la presenza di fattori esogeni nella spiegazione del cambiamento. Questa concezione implica un *arricchimento della teoria*, poiché attraverso la specificazione dell'*explanans* si può dar conto in maniera più accurata del suo legame con l'*explanandum*. Si tratta in altri termini di concettualizzare e andare a conoscere il c.d. *black box* che si frappone tra il trattamento e l'esito osservato (cfr. Fasanella, 2012, p. 4). Si può definire tale impostazione come una «*concezione teoricamente allargata dell'esperimento*» compatibile con un approccio realista della spiegazione scientifica (cfr. Fasanella, 2010). Come verrà chiarito in occasione della spiegazione della minaccia di validità esterna del fattore selezione-X (paragrafo 3.2.2), è un problema di *natura teorica* e non metodologica che consiste nell'esplicitazione di una teoria che consenta di andare oltre il processo di imputazione causale, che attiene alla dimensione interna della validità, ma *capire il modo in cui tale relazione si manifesta*, andando a sondare la generalizzabilità dell'esperimento. La concezione teoricamente allargata dell'esperimento può essere schematizzata nel modo seguente:

Figura 3.1.5 – Modello teorico di analisi del cambiamento cognitivo in ottica realista



Fonte: nostra ri-elaborazione da Decataldo, Faggiano, Fasanella, Maggi, 2012, p. 87.

Nel presente lavoro, l'oggetto del cambiamento è rappresentato dalle conoscenze in materia di radiazioni ionizzanti e le entità sulle quali si effettua l'osservazione sono i ragazzi dai 14 ai 19 anni di alcune scuole superiori del Lazio. Attraverso il disegno quasi-sperimentale adottato è possibile avvalersi della definizione di *cambiamento come interruzione di continuità fra due condizioni di*

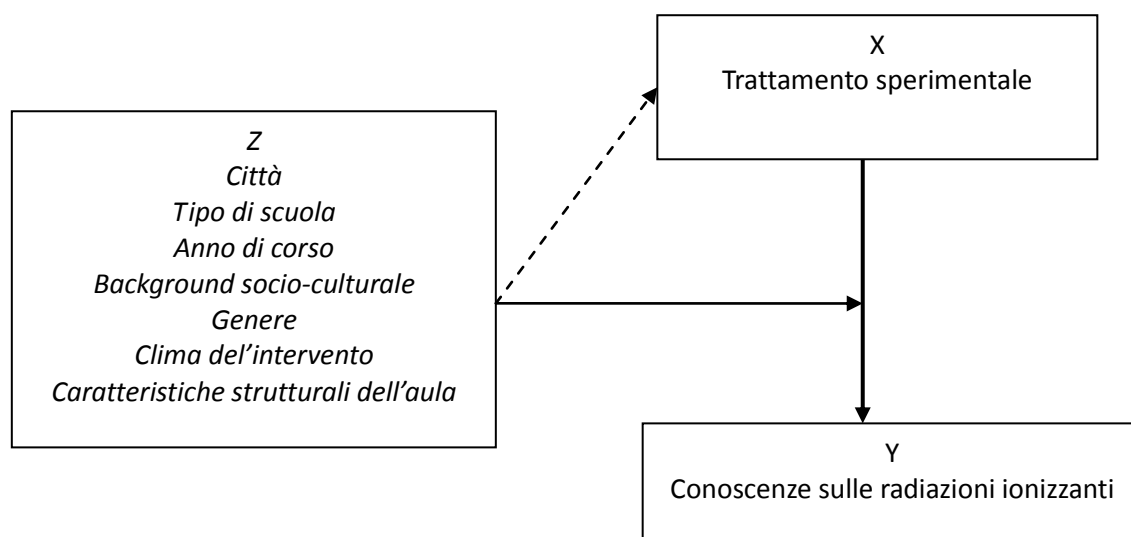
*invarianza in una stessa entità* (paragrafo 4.2). Si tratterà di effettuare *confronti diacronici* tra le strutture di invarianza rappresentate dai livelli di conoscenza a T1 e a T2 e ripetere la procedura per tante volte quanti sono i soggetti. Per come è stato progettato il disegno, ad un sottogruppo, detto sperimentale, verrà somministrato un intervento formativo tra le due rilevazioni, mentre un altro, detto di controllo, non riceverà alcunché. L'evento in questione, relativo al primo gruppo, è in ipotesi stato progettato per spezzare la continuità e attivare un cambiamento. Attraverso poi un *confronto sincronico* tra le strutture d'invarianza dei soggetti sperimentali e di controllo, è possibile indagare il cambiamento, la sua relazione con l'evento e le differenti connotazioni dove quest'ultimo è assente. L'analisi del mutamento intende inoltre rintracciare le caratteristiche che innescano in tutti i soggetti un cambiamento delle loro conoscenze in modo da poter definire quali sono i fattori che ne definiscono la struttura.

La freccia unidirezionale che lega l'intervento formativo all'esito indica la relazione diretta tra lo stimolo (X) e l'effetto (Y) (Figura 3.1.5). Si è cercato di rendere quanto più standardizzato possibile il trattamento in modo da ottenere un esito omogeneo e unitario. Tuttavia esso è il risultato dell'influenza anche di variabili esogene definite di contesto e di meccanismo legate allo stimolo. Infatti *l'efficacia del trattamento sperimentale è, come appena visto, in parte diretta verso l'esito, in parte filtrata dalle terze variabili*. Per fare un esempio, anche se il messaggio è reso uniforme si può assumere che esso venga interpretato, elaborato e memorizzato alla luce delle caratteristiche cognitive, sociali e culturali di ogni singolo destinatario. Gli elementi da rintracciare sono esterni ma teoricamente legati all'evento X deputato a produrre il cambiamento; essi vengono individuati nelle classi di *fattori di contesto* e *fattori di meccanismo*. Entrambi hanno una valenza generalizzabile, il che indica che possono essere rintracciati anche in altre entità. La differenza tra le due categorie risiede nella *diversa accessibilità al dato*, ossia i fattori di contesto risiedono ad un livello più facilmente osservabile, mentre i fattori di meccanismo ad un livello più indiretto e latente (cfr. Fasanella, 2012, pp. 5-6). Altra differenza risiede nella *natura funzionale della relazione con il trattamento sperimentale* e che determina la concettualizzazione di due differenti modelli (Figure 3.1.6 e 3.1.7).

Le *variabili di contesto* sono teoricamente o logicamente indipendenti da X e possono esercitare un'azione sul trattamento sperimentale in una relazione univoca, senza perciò esserne influenzati. Possono avere natura individuale, sociale o contestuale, quindi può trattarsi di caratteristiche degli individui (livello micro), di gruppi sociali o collettivi (livello meso) o dell'ambiente nel senso più generale del termine (livello macro). Esse agiscono nei confronti della X in una duplice direzione: determinano un'influenza *ex ante* sulla progettazione e un'influenza *in itinere* sulla realizzazione del trattamento sperimentale (cfr. *ibidem*, p. 7). Nel primo caso si tratta di un potere esercitato in

fase di progettazione dell'esperimento. Ad esempio un dato programma di dimagrimento risulterà più efficace su soggetti che non hanno problemi di tiroide; un programma di screening per la prevenzione del tumore alla mammella avrà maggiore successo sulle donne che si trovano nella fascia d'età più a rischio; una campagna informativa contro l'abbandono dei cani avrà un impatto molto favorevole nei confronti dei soggetti più sensibili al tema. Tenzialmente un programma sperimentale andrebbe formulato in modo da non produrre esiti marcatamente differenti, ad eccezione dei casi in cui si tratti di un intervento progettato *ad hoc* nei confronti di un target molto specifico. Per questo motivo la relazione è rappresentata da una linea tratteggiata. Nel secondo caso invece si tratta di un'influenza concreta ma residuale che si esplicita ad esempio in accadimenti imprevisti che comportano una riformulazione del trattamento rispetto all'originario programma. Quando detto può essere raffigurato nel modello esposto di seguito che rappresenta una specificazione del precedente utilizzando come variabili terze i fattori di contesto:

Figura 3.1.6 – Modello esplicativo del cambiamento cognitivo



Il legame tra l'intervento formativo e le conoscenze acquisite cambierebbe a seconda del valore assunto dalla variabile Z. In altri termini, la relazione a livello bivariato può assumere connotazioni differenti sia in merito alla forza, sia relativamente alla forma suddividendo il campione in base alle modalità assunte dalla terza variabile Z: «A parità di trattamento gli effetti registrati possono differenziarsi (e perfino annullarsi) al variare dei tratti o delle particolari condizioni (i fattori teoricamente rilevanti che andrebbero specificati nel modello) che caratterizzano i soggetti esaminati» (Fasanella, 2010, pp. 35-6). Questo schema di analisi rimanda al noto *modello della specificazione* di Lazarsfeld in base al quale Z, in una posizione antecedente o susseguente ma indipendente da X, influenza la relazione originaria (cfr. Lazarsfeld, 1946, tr. it. 1969; Rosenberg,

1968; tr. it., 2003). I fattori di contesto che verranno considerati nel presente studio sono: la città, il tipo di scuola, l'anno di corso, il *background* socio-culturale e il genere. Si tratta di variabili antecedenti ad X che svolgono perciò una funzione di influenza *ex ante*<sup>9</sup>.

Si potrebbe altresì ipotizzare come terza variabile la presenza di *meccanismi sottostanti* che consentono *l'interpretazione del cambiamento*. Mentre le variabili di contesto sono indipendenti dall'azione del trattamento sperimentale, *quelle di meccanismo sono influenzate dall'azione di X*. Si possono concettualizzare tre sottoclassi di variabili di meccanismo (Cfr. Fasanella, 2012, p. 10): 1) variabili influenzate da X e strettamente connesse ad essa; 2) variabili influenzate da X e non strettamente connesse ad essa; 3) variabili antecedenti ad X, la cui azione può essere attivata o disattivata dalla presenza del trattamento sperimentale e che vengono concettualizzati come atteggiamenti, disposizioni, propensioni, abitudini, abilità (cfr. Lazarsfeld, 1966, tr. it., 2001). Nel presente caso studio si considera un meccanismo nella terza accezione rappresentato dall'*approfondimento personale*<sup>10</sup> che costituisce una disposizione dei ragazzi, preesistente all'intervento, ma che si attiva in occasione di questo e che spinge nella direzione di una maggiore conoscenza in tema di radiazioni ionizzanti. Da precisare che nel gruppo sperimentale il trattamento è costituito dall'occasione di pretest più l'intervento formativo, mentre nel gruppo di controllo dalla sola prima rilevazione; nel primo caso dunque lo stimolo che attiva la disposizione ad approfondire è doppia, mentre nel secondo caso sarà ipotizzata come più debole.

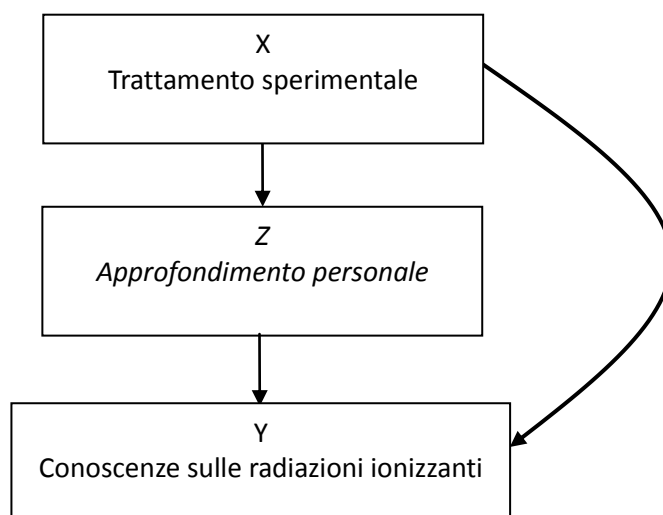
Tale ragionamento rinvia al *modello dell'interpretazione* di Lazarsfeld secondo il quale la presenza di Z chiarisce (e non produce) la relazione tra X e Y che tende a permanere anche in assenza di Z (cfr. *ibidem*). In altri termini: Z non toglie alcun potere ad X che svolge la sua azione sia indipendentemente, sia attraverso Z. Questa procedura può essere altresì denominata *postest retrospettivo* «dal momento che si cerca di far luce, all'atto del secondo test, su quanto sia occorso fra le sessioni sperimentali» (cfr. Decataldo, Faggiano, Fasanella, Maggi, 2012, p. 89). Il postest retrospettivo permette di scoprire con la seconda rilevazione se Z ha svolto la sua funzione di intermediatrice nella relazione tra X e Y, nella fattispecie se ha condotto alcuni studenti ad approfondire personalmente successivamente allo stimolo (singolo o doppio) ricevuto.

---

<sup>9</sup> Altre variabili di contesto che svolgono un'influenza *in itinere sulle relazione tra X e Y* potevano essere considerate, come ad esempio le caratteristiche strutturali dell'aula e il clima in cui si è svolto l'intervento formativo (relativo unicamente al gruppo sperimentale), ma per l'economia del presente lavoro si è deciso di lavorare solo sui fattori contestuali che esercitano un'influenza *ex ante*.

<sup>10</sup> Nel questionario di postest di entrambi i gruppi è stata inserita una domanda per rilevare se ciascuno studente nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione ha approfondito di propria iniziativa il tema della radioattività.

Figura 3.1.7 – Modello interpretativo del cambiamento cognitivo



La relazione tra l'intervento e le conoscenze sulle radiazioni esiste a prescindere dall'attitudine di alcuni ragazzi ad approfondire certe tematiche, tuttavia chi ha tale predisposizione si andrà a documentare dopo l'intervento formativo e si mostrerà più preparato di coloro ai quali l'intervento non ha risvegliato alcunché. Come precisato poco sopra, il legame riguarda anche il gruppo di controllo che non ha partecipato alla conferenza in quanto si ipotizza possa esistere la stessa relazione tra l'occasione di pretest e le conoscenze sulle radiazioni. Anche la prima rilevazione viene concepita come uno stimolo che può attivare una disposizione all'approfondimento personale. Tale variabile interveniente si ipotizza agisca non da fattore scatenante ma da *fattore amplificatore* dell'effetto finale; ne consegue che su coloro che detengono questa inclinazione il cambiamento sarà più evidente e le conoscenze sulla radioattività risulteranno aumentate.

### 3.1.3 Lo strumento di rilevazione delle informazioni

La *fase di pretest*, ossia di rilevazione dei dati prima della campagna informativa, prevede la somministrazione di un *questionario semi-strutturato* autocompilato che sondi i livelli di conoscenza sui *rischi di esposizione a sorgenti di radiazioni*, oltre che le caratteristiche socio-anagrafiche e di atteggiamento degli studenti verso di esso. La misurazione di un concetto complesso e multidimensionale come l'oggetto di indagine richiede l'*esplicitazione del processo logico-concettuale* di passaggio dalla definizione astratta del concetto agli indicatori empirici affinché essi siano misure statisticamente valide e attendibili. Il concetto astratto è perciò stato scomposto in cinque dimensioni e ognuna di esse è rappresentata empiricamente da un set di indicatori che si traducono nelle domande del questionario sottoposte agli studenti. Gli items sono

stati definiti coerentemente ai materiali didattici che gli esperti avrebbero discusso il giorno dell'intervento formativo. Le aree indagate si riferiscono a cinque dimensioni:

1. *informazioni sulle questioni ambientali*, che rilevano la centralità o la marginalità del tema nella vita degli studenti attraverso la frequenza di discussione, i canali di informazione utilizzati, le occasioni e gli specifici argomenti trattati;
2. *conoscenze sul tema della radioattività*, che costituisce la sezione più importante del questionario nella quale si innesta il *test di competenza* atto a valutare attraverso un punteggio il *livello di conoscenza sul tema della radioattività*. Tale test non rileva opinioni, atteggiamenti e credenze bensì le conoscenze, per cui per ciascuna domanda a risposta multipla esiste una sola risposta possibile corretta. Tale batteria permette meglio di altre di valutare la produzione di cambiamento nella direzione di acquisizione delle conoscenze e pertanto può essere assunta come indice di valutazione di efficacia della campagna informativa;
3. *percezione del rischio*, che indaga la dimensione soggettiva del rischio di radiazioni da parte degli studenti. A differenza delle domande incluse nel test di competenza per le quali esiste una sola risposta giusta, in questo caso ciascuna domanda prevede una risposta legata alla percezione di sovrastima o sottostima del rischio posseduta dal soggetto che in ipotesi risulta legata alle conoscenze, corrette o errate, sul tema della radioattività;
4. *esposizione al rischio*, sezione anch'essa legata alla dimensione soggettivo-percettiva del rischio da esposizione. Le scuole selezionate coinvolte nell'indagine si trovano ubicate in territori legati in maniera differente al tema della radioattività. L'esposizione al rischio oggettivo è pertanto diversificata. Attraverso tale sezione si intende verificare se alla rilevanza o marginalità del tema corrisponde una percezione di rischio coerente al rischio oggettivo;
5. *informazioni socio-anagrafiche*, di tipo individuale, sociale e contestuale, che consentono di delineare i profili dei soggetti per individuare degli specifici sottogruppi sulla base delle risposte ottenute dalle precedenti sezioni che siano anche socio-anagraficamente definiti.

Lo strumento di rilevazione è stato previamente sottoposto ad una fase di *pretesting* in tre classi di due scuole romane<sup>11</sup> per il collaudo e gli opportuni controlli di validità e attendibilità. Dall'analisi dei risultati si è proceduto alla modifica di alcune domande e alla versione definitiva di *tre questionari*<sup>12</sup>: il *questionario di pretest* si compone di 43 domande e viene somministrato a tutti gli studenti che costituiscono il campione prima della realizzazione del trattamento sperimentale. Successivamente alla lezione rivolta agli studenti degli istituti facenti parte del gruppo sperimentale, entrambi i gruppi vengono sottoposti ad un *secondo questionario*, nelle differenti versioni *di posttest*, con lo scopo di verificare *nel gruppo di controllo* l'eventuale variazione intercorsa tra la prima e la seconda rilevazione, e *nel gruppo sperimentale* l'eventuale cambiamento avvenuto anche, e soprattutto, a seguito della campagna informativa. Il questionario di posttest per il gruppo sperimentale è costituito da 46 items e somministrato successivamente alla lezione formativa. Il questionario di posttest per il gruppo di controllo si compone di 44 domande ed è somministrato contemporaneamente, per quanto possibile, alla rilevazione nel gruppo sperimentale<sup>13</sup>.

Dopo la seconda somministrazione si procede alla delicata operazione di *matching* che consiste nella riconduzione di informazioni relative a ciascun caso rilevate in due o tre occasioni differenti a seconda che si tratti del gruppo sperimentale o di quello di controllo. In questo modo per ciascuno studente si ottengono risposte a domande, molte delle quali identiche, relative a momenti temporali diversi. La pratica del *matching* viene utilizzata in maniera conforme alle leggi che tutelano la *privacy*<sup>14</sup> poiché si mantiene l'anonimato dei partecipanti in sede di presentazione dei dati.

---

<sup>11</sup> Le scuole selezionate per l'indagine pilota non fanno parte di quelle campionate per l'indagine vera e propria. Si è trattato del liceo scientifico Gullace Talotta e dell'istituto professionale psico-pedagogico Piaget, entrambe localizzate nella città di Roma.

<sup>12</sup> Si riportano in appendice le tre versioni di questionario.

<sup>13</sup> I due questionari di posttest si distinguono per la presenza nella versione predisposta per il gruppo sperimentale di domande relative alla lezione formativa dei tecnici ISPRA.

<sup>14</sup> Quando i dati implicano materiale delicato che consentono l'identificazione immediata di ogni intervistato – come nel caso di nomi e cognomi – la legge prevede che nella fase di presentazione dei dati tali informazioni vengano distrutte.

### 3.2 Le minacce alla validità del disegno e il controllo delle stesse

Il presente disegno quasi-sperimentale non è in grado di soddisfare completamente tutti i tipi di validità illustrati nel precedente capitolo. In particolare la validità di costruito e la validità delle conclusioni statistiche non dipendono, almeno in modo diretto, dal disegno della ricerca, il quale rappresenta uno strumento fondamentale soprattutto in riferimento alla validità interna e in secondo luogo alla validità esterna (cfr. Ercolani, Areni, Mannetti, 1990, p. 45).

Un disegno di ricerca ha lo scopo di consentire una interpretazione non ambigua dei risultati, escludendo le spiegazioni alternative più probabili. Si cercherà di dimostrare come il disegno predisposto sia in grado di controllare, per quanto possibile, le minacce che inficiano il processo di imputazione causale, relative alla validità interna e la generalizzabilità dei risultati, relative alla validità esterna.

Si passeranno in rassegna i potenziali fattori di disturbo tipici del disegno quasi-sperimentale con gruppo di controllo non equivalente e le relative contromisure adottate.

#### 3.2.1 Le minacce e i controlli alla validità interna

In base allo schema riportato nel paragrafo 2.4, sono state individuati otto fattori di invalidità interna che possono intervenire in qualsiasi disegno sperimentale. Nel presente caso verranno passati in rassegna evidenziando di volta in volta le strategie più opportune per la neutralizzazione di ciascuna minaccia.

Il fattore *storia* si riferisce al verificarsi di eventi che intervengono tra le due misurazioni andando ad alterare l'effetto legittimamente prodotto dalla variabile sperimentale. Esso risulterebbe completamente controllato in una situazione di laboratorio in perfetto isolamento sperimentale, generando tuttavia l'effetto collaterale di risultati artificiali, scarsamente rappresentativi della realtà. La *presenza di un gruppo di controllo* ha rappresentato un'adeguata garanzia per la verifica della neutralità di tale fattore. Se un evento esterno è intervenuto, esso ha prodotto un'influenza su entrambi i gruppi, nella stessa direzione. Il controllo è perciò garantito in sede di analisi statistica attraverso un confronto tra i posttest dei due gruppi. Un'altra accortezza è consistita nel realizzare l'intera rilevazione nel *più breve periodo di tempo* possibile in modo da ridurre al minimo la possibilità di verificarsi episodi che avrebbero potuto produrre distorsioni nei risultati.

Non si è esenti tuttavia da microeventi che possono verificarsi all'interno di ciascuna scuola e inficiare l'effetto finale. Tale fattore viene chiamato *storia interna* al set sperimentale. Al fine di catturare tali episodi, la ricerca ha previsto *ex ante* la progettazione di *schede di annotazione* che

ciascun rilevatore in fase di raccolta dei dati avrebbe dovuto compilare riportando tutti gli eventi ritenuti rilevanti (es. richieste di chiarimento, tempi di compilazione, cosa fanno coloro che hanno terminato di rispondere alle domande, eventuali episodi da segnalare, ecc.). Dall'analisi delle stesse si deduce che non sono intercorsi durante la rilevazione avvenimenti che facciano pensare ad una contaminazione della relazione tra lo stimolo e l'effetto. Bisogna ricordare che la rilevazione dei dati è avvenuta nelle singole classi non sempre contemporaneamente, anche se entro un arco temporale molto limitato di tempo, da parte di rilevatori opportunamente addestrati. Questo porta a concludere che è molto improbabile ipotizzare la presenza sistematica di episodi che determinino l'intervento del fattore storia interna in ogni classe; più ragionevole sembra essere l'accadimento in alcuni casi di eventi che non hanno la forza di esercitare un consistente effetto di distorsione. Inoltre, ci fornisce un'ulteriore garanzia il particolare tema indagato relativo al rischio di esposizione a radiazioni, non ritenuto sensibile e in grado di interagire con la storia intrasessionale. Una misura che limita la possibilità di situazioni a rischio validità riguarda la *formazione dei rilevatori* i quali devono adottare un atteggiamento quanto più neutrale che riduca al minimo l'improvvisazione e impartisca istruzioni standardizzate.

Un'altra fonte di distorsione legata al tempo come la storia è la *maturazione*, intesa come il risultato di cambiamenti interni ai soggetti, non necessariamente legati ad eventi particolari, indipendenti dalla variabile sperimentale. Tale fattore può essere controllato grazie alla *presenza di un gruppo di controllo* poiché si presume che se dei fattori di maturazione possono intervenire non c'è ragione di pensare che essi siano intervenuti solo in un gruppo, perciò si può concludere che la co-presenza in entrambi in gruppi è come se annullasse la loro presenza.

Il fattore *testing* interviene quando l'effetto rilevato è prodotto anche o solamente dall'aver acquisito una pratica ripetendo la prova cui si è sottoposti. Tale distorsione si può eliminare evitando di condurre il pretest, tuttavia questa soluzione quando si ha a che fare con gruppi naturali è altamente sconsigliata poiché i controlli di altre minacce necessitano la presenza di una rilevazione preliminare al trattamento sperimentale. La soluzione è rappresentata dalla *presenza di un gruppo di controllo*, che per quanto non perfettamente equivalente, consente di effettuare un confronto con il gruppo sperimentale. Se tale fattore di disturbo interviene, non c'è motivo di ritenere che esso sia presente in uno solo dei due gruppi, pertanto la differenza riscontrata nel posttest non può ragionevolmente essere imputata al fattore testing.

Per amore di completezza si fa riferimento anche alla *regressione*, quale fonte problematica di invalidità interna. Con essa si intende una selezione dei soggetti sulla base di punteggi estremi in relazione al variabile sperimentale e che possono regredire verso la media creando un

cambiamento non imputabile unicamente al trattamento. Nel presente caso tale potenziale minaccia non è presente perché a monte la selezione non è avvenuta sulla base dei punteggi estremi, non solo, ma attraverso il pretest è possibile individuare con le opportune analisi statistiche i casi che presentano punteggi estremi e seguirli nel posttest per verificare se la loro presenza inficia la validità del disegno.

Tra i fattori strutturali legati al tempo si fa infine riferimento alla *mortalità*, definita come il diverso ammontare di soggetti tra la prima e la seconda rilevazione fra gruppo sperimentale e gruppo di controllo che potrebbe far pensare ad una diversa composizione degli stessi e dunque alla perdita dell'equivalenza iniziale. Questa rappresenta una reale minaccia per il presente disegno. In effetti, il campione utilizzato per le analisi dei dati è ridotto rispetto a quello originario perché sono stati eliminati tutti coloro che hanno perso almeno un momento della ricerca. Le maggiori perdite sono relative al gruppo sperimentale che è esposto a tre occasioni (pretest, intervento formativo e posttest), mentre il gruppo di controllo a due (pretest e posttest). La mortalità rappresenta un reale pericolo quando la perdita dei soggetti è associata al trattamento e quindi colpisce maggiormente il gruppo sperimentale. Quando invece non si ipotizza tale interazione, si può concludere che essa incide indifferentemente su entrambi i gruppi. Nel presente caso si scarta facilmente la prima opzione in quanto gli studenti, proprio per evitare tale rischio, sono stati *tenuti all'oscuro circa gli appuntamenti di rilevazione* (e di campagna informativa per il gruppo sperimentale) per cui la loro eventuale assenza è indipendente dalla variabile sperimentale. Chi durante quelle giornate risulta assente lo è per altri motivi che esulano dalla ricerca. Anche qualora la mortalità, pur non essendo associata al trattamento, finisce per selezionare certe categorie di soggetti ed escluderne altre, il *pretest consente di verificare* quanti soggetti escono dalla rilevazione e di conoscerne il profilo e le caratteristiche principali. Tuttavia, anche fossero particolari sottotarget ad uscire dal campione e distorcere la selezione iniziale, si ipotizza che tale dinamica tenda ad agire su entrambi i gruppi, per cui la *presenza del gruppo di controllo* rende nullo l'effetto che la mortalità potrebbe provocare.

Il fattore strutturale della *selezione* costituisce uno dei più problematici dato che la perfetta equivalenza dei gruppi non è garantita per via della presenza di gruppi naturali rappresentati dalle scuole. È proprio l'esistenza di unità precostituite che determina l'adozione di un disegno quasi-sperimentale e il conseguente abbandono della strategia sperimentale vera e propria. Il disegno scelto infatti rappresenta la controparte quasi-sperimentale di un disegno i cui pericoli di invalidità interna sono completamente neutralizzati grazie soprattutto alla procedura di randomizzazione nella composizione dei gruppi. Si è preferito optare per la via quasi-sperimentale perché «in molte situazioni, accanirsi nel tener fede al principio di equivalenza produce distorsioni significative ed

effetti sensibili di reazione all'oggetto [...]» (Fasanella, 2004, p. 20). La realizzazione di un esperimento in un contesto come quello scolastico conduce molto spesso ad effettuare questo tipo di scelta, sia per questioni logistiche ed organizzative, sia per motivazioni metodologiche di maggior controllo della validità. In definitiva dunque la selezione casuale dei soggetti avrebbe creato più distorsioni di quante ne avrebbe potute risolvere. Ciò porta a dire che la scelta quasi-sperimentale è risultata più conveniente e convincente di quella sperimentale; nondimeno, il non poter assicurare l'equipollenza tra i due gruppi consente al fattore selezione di intervenire. Bisogna procedere ad opportuni controlli in sede di analisi statistica che verifichino il non intervento della minaccia nel processo di imputazione causale. Tali esami sono possibili grazie alla *presenza del pretest in entrambi i gruppi* poiché consistono in un confronto tra le caratteristiche strutturali e le performance tra i due sottocampioni.

Riscontrare differenze minime ed inoffensive non esclude la possibilità di un'*interazione tra la selezione e altri fattori* come ad esempio la maturazione. Tuttavia è possibile concludere circa il controllo anche di questo fattore poiché: 1) non emergono differenze iniziali tra i gruppi in relazione all'oggetto di interesse; 2) l'assegnazione delle scuole è avvenuta in maniera casuale; 3) il criterio di selezione delle scuole è indipendente dalla variabile oggetto di analisi. Pare legittimo poter escludere anche l'interazione della selezione con altri fattori quali la storia, il testing, la strumentazione, la regressione e la mortalità, poiché non ci sono ragioni per pensare ad un intervento differenziale di tali fattori sui due gruppi. Come detto poco sopra, la *presenza del pretest* permette di effettuare gli opportuni controlli *ex post*, a rilevazione dei dati avvenuta.

Il fattore di invalidità interna legato alla misurazione degli effetti è la *strumentazione*, che comprende sia tutti i mezzi materiali, sia le risorse umane utilizzate nelle fasi di rilevazione. In questo caso il dispositivo materiale predisposto per la raccolta dei dati è il *questionario*, uno strumento standardizzato che rileva caratteri predeterminati rivolgendo a tutti i casi che compongono il campione domande prefissate e ottenendo quasi totalmente risposte precodificate. Esso viene sottoposto agli opportuni controlli di validità e attendibilità. I *rilevatori* concepiti come strumenti vengono adeguatamente *addestrati* a svolgere il loro ruolo nella maniera più neutrale ed oggettiva possibile per non influenzare in alcun modo gli studenti. L'utilizzo di una *scheda di annotazione* dove riportare reazioni ambigue degli intervistati aiuta a verificare l'eventuale presenza di comportamenti anomali. Inoltre attraverso la *rotazione dei rilevatori* le eventuali distorsioni andrebbero ad inficiare sia il gruppo sperimentale che quello di controllo rendendo nullo l'effetto prodotto.

### 3.2.2 Le minacce e i controlli alla validità esterna

Per quanto concerne la validità esterna, definita come capacità del disegno sperimentale di estendere i risultati della ricerca ad altri contesti, popolazioni, luoghi, di seguito si darà conto di tutte le possibili minacce, già esposte nel paragrafo 2.5, e delle relative contromisure adottate nel presente disegno di ricerca.

Il fattore *interazione selezione-X*, come già esaminato, se non controllato conduce alla circoscrizione dei risultati ai soli casi coinvolti nell'esperimento, senza la possibilità di estenderli a tutta la popolazione di riferimento, ossia le scuole del Lazio (ad eccezione di Rieti). Quando non è possibile ricorrere a campioni probabilistici, come nel suddetto caso, una soluzione è costituita dalla *formazione dei gruppi che rispetti i principi di massima omogeneità tra i gruppi e alla massima eterogeneità all'interno di ciascun gruppo*. Nel presente caso-studio il processo di selezione ha reso il campione, nei sottogruppi sperimentale e di controllo, quanto più a-specifico e rappresentativo delle caratteristiche dell'universo (differenti scuole del Lazio, differenti tipi di istituti, differenti sezioni per ciascun anno di corso e classi più numerose in modo da avere a disposizione quanti più prototipi di studenti), garantendo la massima variabilità intragruppo e al contempo la massima omogeneità intergruppo (sperimentale e di controllo). Inoltre, quanto più si ricorre a campioni grandi come nel presente caso (2.635 casi), tanto più i gruppi saranno eterogenei. Ma ciò non basta, accanto al rispetto di tali requisiti si richiede di esplicitare una *teoria dell'interazione selezione-X* (paragrafo 2.5.1) secondo la quale individuare le caratteristiche in base a cui i gruppi sono stati formati che possono interagire con il trattamento sperimentale (cfr. Fasanella, 2012). Si tratta di uscire dalla ristretta prospettiva comportamentista basata sulla relazione tra stimolo X e risposta Y ed accettare una visione allargata della relazione che includa *variabili terze* in grado aprire il *black box* posto tra X e Y e dar conto non solo della produzione da parte del programma sperimentale di un certo risultato, *ma anche delle modalità in cui l'esito è stato determinato* (paragrafo 3.1.2.1). In particolare, alcune variabili che hanno concorso alla selezione dei gruppi sono: la città, il tipo di scuola, il genere, l'anno di corso, l'approfondimento personale, ecc. Queste caratteristiche vengono viste come terze variabili del modello teorico in grado di interagire con il trattamento sperimentale e determinare differenti esiti rispetto al risultato generale, proprio in corrispondenza degli specifici tratti considerati teoricamente rilevanti nella produzione dell'esito. In conclusione, se non si è rigidamente legati all'idea di inferenza legittima mediante la costituzione di un campione casuale-probabilistico, si ritiene possibile una generalizzazione dei risultati sperimentali e in definitiva un controllo di tale fattore.

Per quanto riguarda la sezione relativa al controllo imperfetto dello sperimentatore, una minaccia che riporta la manualistica classica è l'*interferenza dovuta a trattamenti multipli*, che si manifesta quando ci sono almeno due trattamenti sperimentali differenti o uno stesso trattamento ripetuto più di una volta sugli stessi soggetti. Nel presente caso essa non costituisce alcuna forma di invalidità dato che si tratta di un solo trattamento somministrato in un'unica occasione.

Non sembra costituire alcun pericolo l'aspetto relativo alla *relazione causale ambigua*, in quanto appare chiaro il rapporto che lega il trattamento sperimentale come variabile indipendente, nella fattispecie l'intervento formativo, e l'esito dell'esperimento come variabile dipendente in termini di acquisizione di conoscenze e sensibilità nei confronti del tema oggetto di campagna informativa. La prima variabile è logicamente e temporalmente antecedente alla seconda.

Gli *interventi compensatori* rappresentano un rischio determinato dalla presenza di rilevatori che tendono a compensare l'assenza del trattamento nel gruppo di controllo. Questo rischio viene annullato grazie alla *formazione del personale* che ha gestito la raccolta delle informazioni, il quale viene messo a conoscenza di questa minaccia e dell'importanza di mantenere un atteggiamento standardizzato e il più possibile identico in ogni classe, pena l'invalidità dei risultati sperimentali.

La *presenza dello sperimentatore* è un fattore che minaccia la validità esterna dell'esperimento nelle scienze sociali nei casi in cui tra rilevatore e oggetto di rilevazione si crea una relazione di reciprocità che innesca reazioni che possono inficiare la natura dei dati. La presenza di rilevatori, benché opportunamente addestrati, sia durante la compilazione dei questionari, sia il giorno dell'intervento formativo non si è potuta evitare e, anzi, è stata necessaria in tutte le occasioni. Nelle fasi di pretest e posttest si poteva scegliere di delegare la somministrazione ai professori che rappresentano figure familiari ed eliminano ogni rischio di reattività sperimentale. Tuttavia, oltre a costituire un costo in termini di tempo da dedicare alla loro formazione, non è detto che avrebbe sortito gli esiti sperati. La stretta relazione di conoscenza e di confidenza tra i docenti e gli alunni se da un lato rappresenta una soluzione al rischio di alterazione, dall'altro costituisce uno svantaggio in quanto rende difficile, se non impossibile, chiedere ai professori di rivestire un ruolo impersonale ed oggettivo nei confronti dei propri studenti. Adottare gli insegnanti come rilevatori avrebbe comportato più danni che benefici, pertanto sono stati scelti per ricoprire questo ruolo dei soggetti che hanno sia una formazione teorica, sia esperienza pratica nell'ambito della metodologia della ricerca sociale. Tali soggetti, opportunamente preparati, riducono al minimo le fonti di distorsione legate alla loro presenza.

Per quanto concerne la reattività dei soggetti alle condizioni sperimentali, una minaccia è costituita dall'*interazione del test con la variabile sperimentale* che sul versante della validità

esterna impedisce di estendere i risultati a quei casi che non sono sottoposti ad un pretest. Questo pericolo può essere respinto in quanto il test è rivolto ad un target che ha familiarità con questo tipo di prove e quindi i risultati sperimentali possono essere legittimamente estesi anche agli studenti che, pur non avendo svolto il test sulla percezione dei rischi, hanno quotidianamente a che fare con tali strumenti. Inoltre, attraverso la mortalità sperimentale si possono costituire dei gruppi di comparazione che consentono di confrontare attraverso strumenti statistici chi ha effettuato il pretest con chi non vi è stato sottoposto, ed eventualmente rintracciare delle differenze negli effetti prodotti.

Il fattore *reazione alle condizioni sperimentali* indica l'artificialità dell'esperimento che non consente un'estensione dei risultati sperimentali ad un contesto che esula dalle caratteristiche sperimentali. Gli elementi che potrebbero costituire possibili fonti di reazione sono il pretest, la sua interazione con il trattamento, l'assegnazione degli studenti ai gruppi sperimentale e di controllo, la presenza di rilevatori estranei al contesto scolastico, la comunicazione della sequenza temporale delle occasioni di rilevazione, le modalità di svolgimento dell'intervento formativo. Analizzandoli uno per uno in relazione al presente caso-studio si evince che il *pretest* non sembra costituire un elemento straordinario che altera la situazione bensì uno strumento simile ai test a risposta multipla quotidianamente svolti in classe con cui gli studenti hanno familiarità. Inoltre non sembra plausibile supporre una *interazione tra esso e la variabile sperimentale*, così come verificato nel controllo del fattore di invalidità interna di *testing*. *L'appartenenza al gruppo sperimentale o di controllo* non costituisce affatto una minaccia in quanto la selezione viene fatta a livello di scuole e non di singoli individui i quali non vengono separati dalla loro classe; inoltre essi sono ignari del gruppo rispetto al quale sono stati precedentemente assegnati. La *presenza dei rilevatori*, come detto poco sopra, più che un ostacolo ha rappresentato un valore aggiunto, in quanto ha permesso di registrare e annotare eventuali episodi in ogni fase di rilevazione. La loro presenza è stata il più asettica possibile e le loro funzioni sono state ridotte al minimo in quanto il questionario è autocompilato. Durante pretest e posttest essi si limitano a dare una breve spiegazione della ricerca, quanto più standardizzata possibile, a distribuire, a raccogliere i questionari e ad annotare ove opportuno, situazioni particolari che possono aver inficiato la validità dei dati. Durante l'intervento formativo si sono adoperati, assieme al personale docente, a far sì che l'attenzione venisse mantenuta costante, inoltre hanno riportato in una scheda predisposta l'andamento della lezione. Pertanto si può ragionevolmente pensare che la loro interazione con gli studenti non costituisca una reazione alteratrice. La minaccia costituita dalla *comunicazione delle due rilevazioni per entrambi i gruppi e del trattamento per il solo gruppo sperimentale* è completamente annullata in quanto si è deciso di rendere ignari gli studenti dei

giorni di pretest e di posttest e della data in cui si sarebbe realizzato l'intervento formativo per gli alunni assegnati al gruppo sperimentale, in modo da evitare qualsiasi preparazione anticipatoria che avrebbe potuto alterare l'esito della seconda rilevazione. Infine, *l'intervento* viene fatto rientrare tra le attività formative scolastiche *nello stile di conferenza*, escludendo in tal modo possibili effetti di reazione da parte degli studenti, abituati a confrontarsi con tali eventi nel corso della loro carriera scolastica.

La minaccia del *contagio* avviene quando tra gruppo sperimentale e di controllo c'è comunicazione e scambio di informazioni. In questo disegno non si riscontra tale pericolo poiché, avendo deciso di effettuare l'assegnazione ai gruppi al livello delle scuole e non dei singoli studenti, vi è stato isolamento completo tra i due gruppi. A questo discorso si legano i rischi relativi al *livello compensatorio dei trattamenti* e della *reazione compensatoria*, entrambi neutralizzati dall'assenza di contatto tra i due gruppi.

La *desiderabilità sociale* è un rischio reale nel presente disegno di ricerca in relazione al test di competenza inserito all'interno del questionario, che indaga il livello di conoscenza nei confronti del tema oggetto di analisi. In questi casi le risposte non attengono ad indagare opinioni o atteggiamenti, bensì prevedono risposte classificate come corrette o errate, dando allo studente l'idea di essere valutato in virtù della sua performance, alla stregua dei test scolastici. Attraverso studi precedentemente condotti (cfr. Gniech, 1976; Desportes, 1975; Rosenthal, 1966; Rosenthal, 1969), gli studenti tendono a mettere in atto strategie per individuare le risposte corrette, falsando il reale livello individuale di conoscenza, come ad esempio chiedendo aiuto ai rilevatori oppure ai compagni di classe. I *rilevatori vengono addestrati* a non fornire alcun aiuto in merito ai contenuti, inoltre è loro premura far in modo che durante l'autocompilazione individuale non ci siano scambi verbali tra i ragazzi. Generalmente ogni classe è gestita da un minimo di due ad un massimo di quattro rilevatori che riescono far svolgere il test in un clima di silenzio e concentrazione. Gli studenti vengono inoltre rassicurati sul fatto che le risposte non verranno utilizzate dai loro professori come test di valutazione, e a garanzia di ciò viene rammentata la legge che tutela la *privacy* circa il trattamento in forma anonima delle risposte fornite. Tali rimedi contro le risposte desiderabili se non riescono completamente ad eliminare tale fattore, ragionevolmente riducono il rischio di dati invalidi.

La *demoralizzazione spiacevole* è un pericolo che non interviene in questo disegno in quanto implica non solo che ciascun soggetto sappia a quale gruppo appartiene, ma anche che vi sia comunicazione tra i due. Entrambe le condizioni non sono soddisfatte sicché si può agevolmente definire tale fattore controllato.

L'ultimo elemento annoverato tra i fattori di invalidità esterna è il *ruolo del soggetto* che fa riferimento alle diverse personalità che ciascun caso può rivestire in relazione alla specifica situazione di ricerca e agli obiettivi cognitivi dell'indagine. Questo rischio esiste in ogni disegno che implica la presenza di soggetti e ai quali si richiede di svolgere un compito. La minaccia può essere ridotta quanto più grandi sono i campioni: quanti più individui sono coinvolti nell'esperimento, tanto minori sono i pericoli derivanti dalle personalità di ciascuno che tendono ad annullarsi attraverso bilanciamenti reciproci.

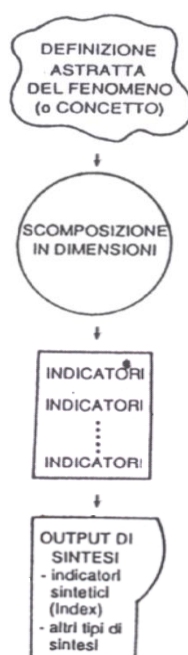
### 4.1 Introduzione

Uno degli obiettivi centrali del presente lavoro, come più volte espresso, è *l'analisi del cambiamento legato alle conoscenze relative alla radioattività*. Nel presente capitolo ci si propone di pervenire ad una *concettualizzazione del cambiamento* da un punto di vista *cognitivo* che possa essere traducibile in termini operativi (capitolo 5). In generale, la *misurazione* di un concetto complesso come il presente è *problematica* per una molteplicità di motivi:

- non esistono regole fisse o criteri unici per la sua *definizione astratta*;
- la sua non diretta osservabilità implica l'utilizzo di *indicatori* atti a rappresentarla empiricamente;
- la sua multidimensionalità necessita l'impiego di una *molteplicità* di variabili che siano in grado di coprire la sua superficie semantica;
- il *gap* esistente *tra* il *linguaggio teorico* dei concetti e il *linguaggio empirico* degli indicatori rende arbitraria, soggettiva e comunque relativa la selezione degli indicatori.

Tali problematiche rendono necessaria la massima *esplicitazione del processo logico* di passaggio dalla definizione astratta del concetto agli indicatori empirici affinché essi siano misure statisticamente *valide* e *attendibili* (cfr. Boudon, Lazarsfeld, 1965; tr. it. 1969). In altri termini si fa riferimento al *modello procedurale di Lazarsfeld* suddiviso in quattro fasi: la *prima* fase prevede la *rappresentazione figurata del concetto*, che consiste in una pura riflessione teorica, nella quale il concetto viene analizzato nelle sue principali componenti di significato; la *seconda* fase riguarda la *scomposizione del concetto* nelle sue dimensioni; nella *terza* fase si *scelgono gli indicatori* ritenuti significativi alla rilevazione empirica del concetto; la *quarta* ed ultima fase consiste nella *costruzione di un indice* che rappresenta una variabile di sintesi attraverso cui è possibile effettuare una misurazione del concetto teorico. È possibile rappresentare graficamente le fasi di questo processo nella pagina seguente:

Figura 4.1.1 – Ipotetigrafia delle fasi del processo logico-concettuale di misurazione statistica di un fenomeno complesso



Fonte: nostra ri-elaborazione da Fraire, 1989, p. 98

La specificazione di tale processo si rende necessaria ai fini del mantenimento del carattere di scientificità della misurazione, senza il quale gli indicatori, anziché indicare il concetto, rischierebbero di indicare solo se stessi o di condurre a conclusioni errate.

Nelle pagine seguenti si ripercorreranno le fasi di questo procedimento cercando di rendere più chiaro ed esplicito possibile il legame con il concetto, le dimensioni concettuali, gli indicatori che conducono alla costruzione di indici sintetici.

## 4.2 La concettualizzazione del cambiamento cognitivo

Il primo passo consiste nel segnare i confini dell'oggetto – nel modo più puntuale possibile – in rapporto al tema di ricerca prestabilito, al fine di evitare che una mancata definizione del termine svuoti lo stesso di significato. La prima fase di questo processo consiste, infatti, nella stipulazione di una *definizione teorica del cambiamento*, che sia relativo alle *conoscenze* in tema di *radiazioni ionizzanti*, all'interno di una logica sperimentale.

Per definire il mutamento si può partire dal suo contrario, da ciò che mutamento non è. *L'assenza di mutamento* può essere concepita come la *continuità logica e temporale della struttura di un oggetto*. Essa si verifica quando un oggetto si conserva e resta uguale a se stesso nel tempo. Il

tratto peculiare dell'assenza di cambiamento è la *resistenza al modificarsi dei tratti peculiari da parte di eventi esterni che interagiscono con la struttura*. La stabilità dipende perciò dalla impermeabilità della struttura, ma anche dall'incapacità dell'evento esterno di condizionarla e di modificarne la processualità.

In opposizione all'assenza di invarianza si pone il *cambiamento*. Esso implica una successione di istanti che consentono il suo manifestarsi, pertanto necessita di almeno due momenti di osservazione. L'osservazione ad un dato istante (T1) di un oggetto in un'entità e in un contesto definiti, conduce all'analisi di una struttura invariante, ossia stabile; lo stesso dicasi per l'osservazione dell'oggetto in un'entità e in un contesto definiti all'istante successivo (T2). Il mutamento dunque, se esiste, si verifica attraverso il *confronto tra le due strutture di invarianza* e può essere quindi concettualizzato come *l'interruzione di una continuità*. Declinato come conoscenza della radioattività, *il cambiamento viene inteso come la messa in relazione di cognizioni in diversi istanti di osservazione*<sup>15</sup>.

Andando a caratterizzare il cambiamento si può affermare che tale concetto si intende *dal punto di vista dell'osservatore*, che non necessariamente coincide con la diagnosi di chi lo produce, anche se include la condotta di quest'ultimo. Oltre che dal livello di coscienza/incoscienza da parte dell'attore sul quale si osserva l'oggetto del cambiamento, la definizione è svincolata anche dall'elemento di *intenzionalità*. Più precisamente, il *cambiamento all'interno della cornice sperimentale* si intende *prodotto* da un *evento esterno*, collocato in uno spazio e in un tempo definiti, indipendente dalla volontà degli attori. Nel presente studio esistono *due forme* di evento esterno:

- *l'evento esterno programmato ad hoc*, ossia concepito come uno *stimolo* atto a generare un cambiamento della struttura cognitiva del soggetto. Introdotto tra le due rilevazioni (Tx), esso funge da demarcatore tra ciò che si osserva prima e ciò che si osserva dopo. Questo tipo di evento è predisposto in ogni sua parte, programmato per una data stabilita

---

<sup>15</sup> È bene precisare che il cambiamento potrebbe condurre ad un risultato opposto in termini di assenza di discontinuità se solo si modificasse l'ampiezza temporale di riferimento. In un'ottica di lungo periodo si potrebbero riconfigurare la base temporale delle osservazioni e considerare gli istanti sopra menzionati non come separati ma come facenti parte di un'unica più grande scansione temporale che costituirà un solo intervallo di osservazione e che potrà essere confrontata con un altro intervallo. Lo stato di una proprietà su un soggetto viene concepita come un processo continuo che può essere interrotto in qualsiasi istante e ciascun momento può avere ampiezza variabile. Lungo l'asse del tempo perciò si potrebbero rilevare infiniti istanti di stabilità che confrontati darebbero luogo a discontinuità. Nel presente studio la scelta di alcuni segmenti piuttosto che di altri dipende da esigenze pratiche legate alla pianificazione della ricerca e della rilevazione dei dati.

e successivamente realizzato, cercando di mantenere il più possibile inalterate le condizioni inizialmente pianificate. Esso acquista la sua ragion d'essere proprio in relazione alla struttura su cui agisce; la sua progettazione tiene dunque conto delle caratteristiche del sistema. Tale evento riguarda esclusivamente il gruppo sperimentale;

- *l'evento esterno progettato per altri scopi indipendenti dalla produzione di un mutamento*, il cui potere di interruzione della struttura di invarianza è perciò un effetto collaterale. Il disegno della ricerca prevede due eventi ascrivibili a questa forma rappresentati dalle rilevazioni: il pretest (T1) e il posttest (T2). *Ciascuna occasione produce un impatto sull'oggetto*, alimentando una eventuale discontinuità al momento successivo senza alcuna intenzionalità. Tale tipo di eventi riguardano sia il gruppo sperimentale sia il gruppo di controllo.

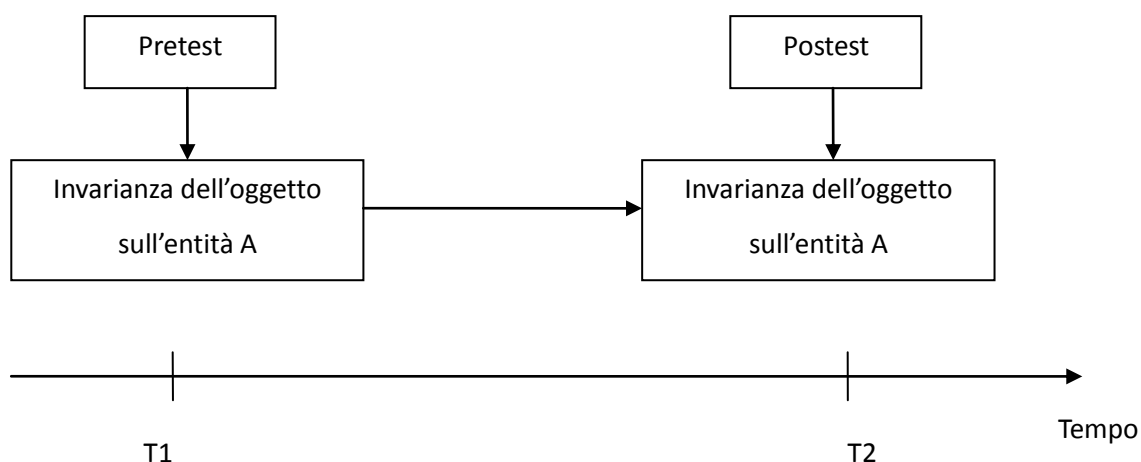
In entrambi i casi si tratta di fenomeni che restano imprevedibili e inattesi per la struttura verso la quale sono rivolti. Per tale motivo si definiscono anche *estranei*, intendendo con tale espressione il carattere di sorpresa ed originalità per il sistema. Inoltre, in base alla classificazione di Moles sulla *grandezza* degli eventi, entrambe le forme rientrano nella classe degli *eventi che vengono memorizzati da coloro che erano presenti e ne sono stati testimoni*. Tale classe distingue ulteriormente gli eventi in *pubblici* e *privati* a seconda che abbiano un carattere individuale e personale e riguardino un numero di soggetti relativamente ristretto, o sociale e condiviso e considerino un insieme di soggetti ben più ampio. In entrambi i casi si parla di *eventi privati dal punto di vista dell'esperienza del singolo individuo coinvolto, ma diventano sociali dal punto di vista della collettività alla quale si rivolgono* (cfr. Moles, 1972).

A seconda che si tratti di osservazioni nello stesso o in tempi differenti, si ottengono due differenti concezioni:

1. *mutamento diacronico*, che rappresenta il confronto di un oggetto sulla stessa entità lungo la freccia del tempo. Rientra in questa definizione la comparazione di dati relativi ad un fenomeno in uno stesso contesto nel tempo, in cui viene decisa preventivamente l'ampiezza temporale e si conclude circa l'esistenza di un cambiamento se, *ceteris paribus*, si riscontrano differenze tra i dati nei diversi intervalli temporali.

Nel *gruppo di controllo* l'accezione può essere schematizzata nel modo seguente:

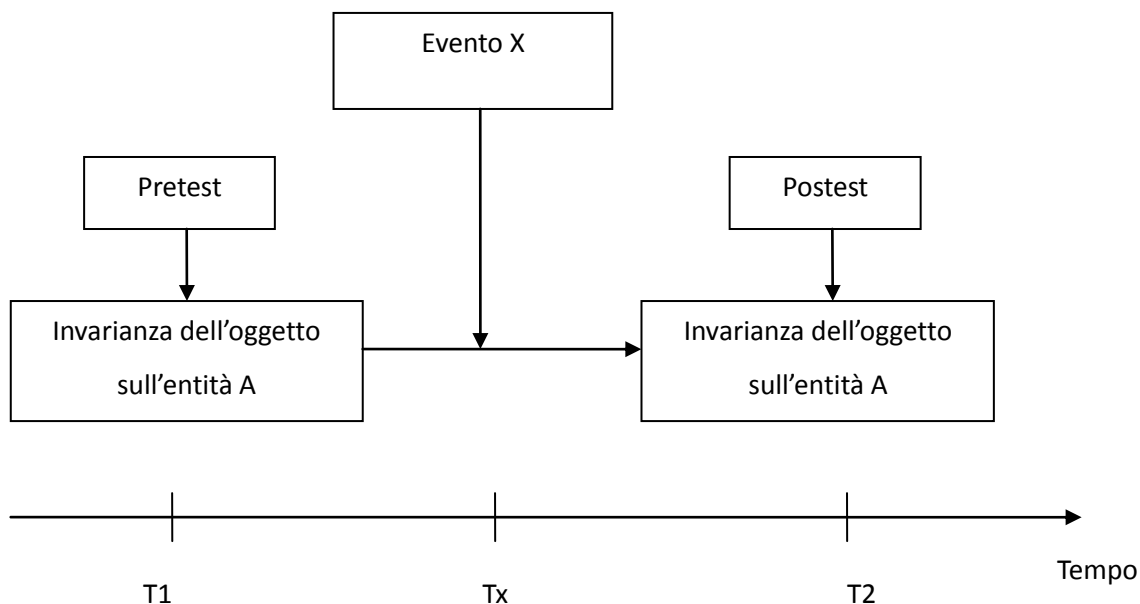
*Figura 4.2.1 – Concetto di cambiamento cognitivo diacronico nel Gruppo di Controllo*



In questo caso *su ciascun soggetto* appartenente al gruppo di controllo viene rilevato con il postest (T2) il livello di conoscenza in tema di radiazioni *dopo aver risposto alle domande di pretest* (T1).

Per il *gruppo sperimentale* la schematizzazione è leggermente differente perché prevede la presenza del doppio stimolo:

*Figura 4.2.2 – Concetto di cambiamento cognitivo diacronico nel Gruppo Sperimentale*

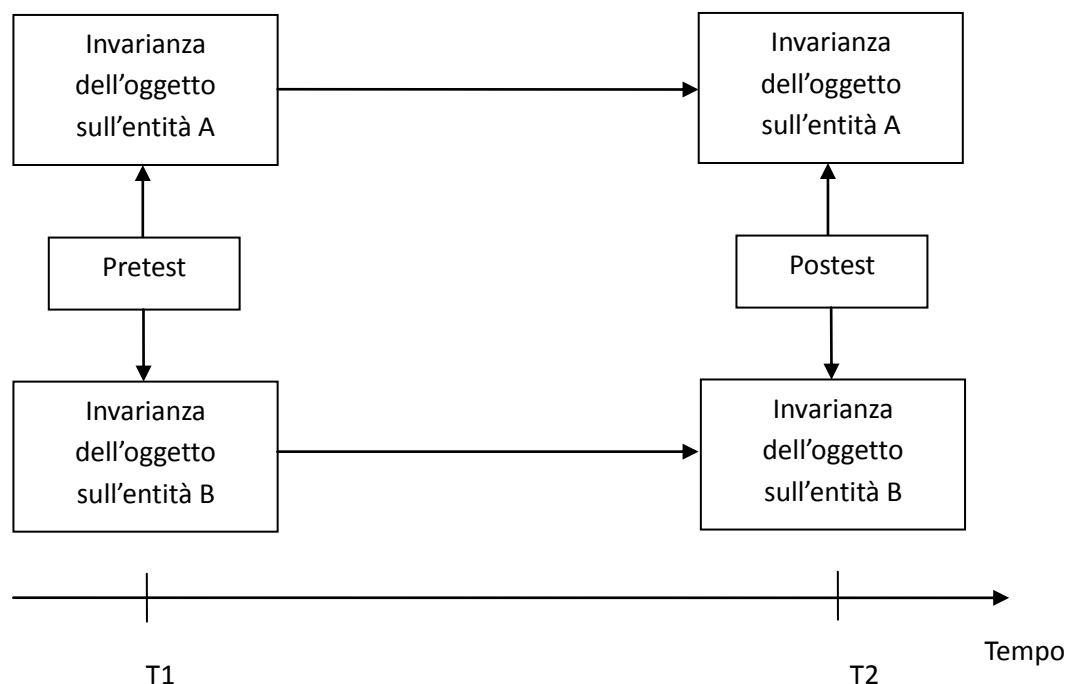


Tale significato di mutamento si riscontra nel gruppo sperimentale qualora si osservino a T2 le conoscenze in tema di radiazioni *nello stesso soggetto dopo il pretest* (T1) *e l'intervento formativo* (Tx) atto a produrre una discontinuità tra le due strutture.

2. *mutamento sincronico*, che deriva dall'esame di un oggetto in *due o più entità differenti*. In altri termini, si tratta di un mutamento *logico-temporale* quando si confrontano simultaneamente i dati relativi ad un oggetto in due (o più) contesti e si conclude che, al variare dell'ambito, il fenomeno assume connotazioni differenti. Le strutture non sono sequenzialmente collocate entro la medesima processualità unitaria, ma afferiscono a differenti entità.

Nel *gruppo di controllo* tale concetto può essere rappresentato come segue:

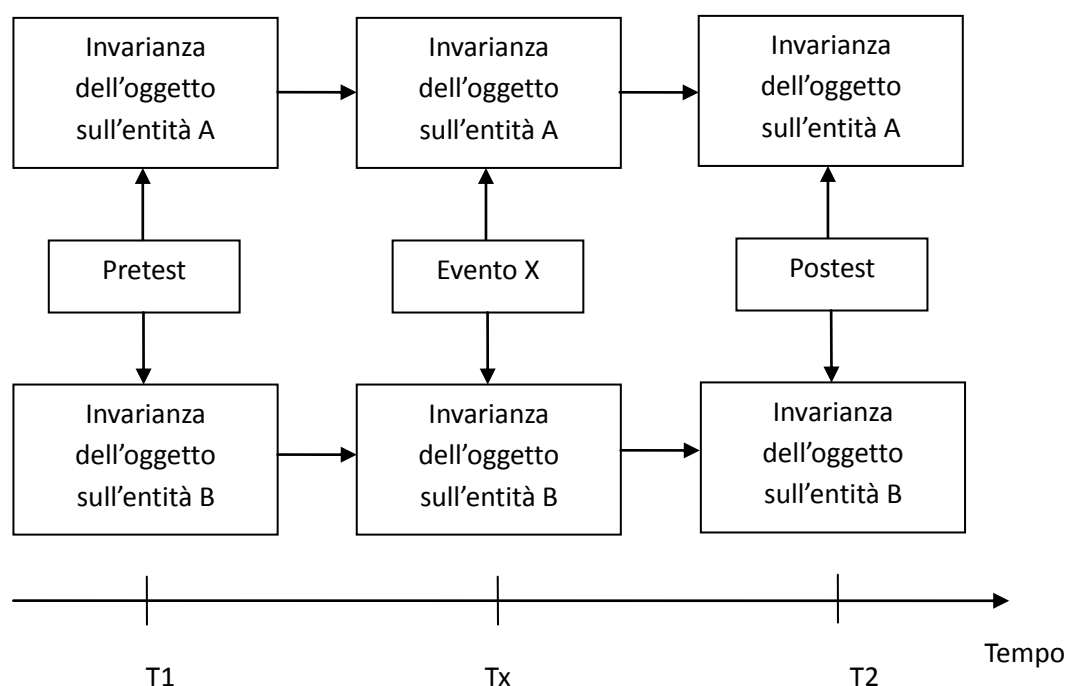
*Figura 4.2.3 – Concetto di cambiamento cognitivo sincronico nel Gruppo di Controllo*



In questo caso il *confronto* non è interno a ciascun soggetto ma *tra soggetti appartenenti allo stesso gruppo di controllo* e il cambiamento cognitivo viene visto come discontinuità rilevata con il posttest (T2) tra due entità differenti a seguito dell'occasione di pretest (T1).

Per il gruppo sperimentale invece si avrà:

Figura 4.2.4 – Concetto di cambiamento cognitivo sincronico nel Gruppo Sperimentale



Il mutamento cognitivo è il risultato del confronto *nello stesso istante temporale* delle due strutture di invarianza relative alle conoscenze sull'argomento rilevate *su due entità differenti* attraverso il postest (T2) a seguito dell'evento pianificato (Tx) che si ipotizza abbia prodotto un impatto su entrambi i soggetti.

Riassumendo, quindi, *il cambiamento può essere inteso in una duplice accezione: come una discontinuità inter-strutturale, in cui le due o più strutture possono essere riferite ad un'unica entità, e in questo caso si parla di mutamento esclusivamente temporale (mutamento diacronico), oppure ad entità differenti, e in tal caso il mutamento attiene ad una dimensione logico-temporale (mutamento sincronico).*

Nella presente ricerca ci si attende un cambiamento cognitivo sia nel gruppo sperimentale che in quello di controllo, ma in un'ottica comparativa tra i due nel primo caso si ipotizza una interruzione di continuità più marcata in quanto imputabile a due stimoli, nel secondo caso una discontinuità più contenuta perché attribuibile solo all'occasione di rilevazione dell'oggetto.

### 4.3 Le dimensioni del cambiamento cognitivo

La seconda fase del modello procedurale consiste nella traduzione della definizione astratta di partenza del concetto in aspetti o dimensioni statisticamente misurabili. Non esistono regole fisse e criteri unici per la scelta di tali dimensioni nelle quali scomporre un fenomeno sociale complesso. Nel precedente paragrafo è stata definita l'assenza di cambiamento (stabilità) come invarianza tra due (o più) strutture di una stessa entità osservate nel tempo e, per opposizione, *il cambiamento è stato concettualizzato come il passaggio lungo la dimensione temporale da una data struttura d'invarianza ad un'altra, differente, struttura d'invarianza nella stessa entità*. È ora possibile connotare le possibili *dimensioni* di stabilità, e soprattutto *di cambiamento* che si suppone si possano riscontrare alla luce del presente disegno di ricerca. Il livello di conoscenze dei ragazzi in tema di radiazioni ionizzanti costituisce la struttura di invarianza che è stata rilevata nei due intervalli temporali e dal confronto tra i due emergono diverse forme di stabilità e di cambiamento:

1. *stabilità* su un *elevato livello* di conoscenza in tema di radiazioni;
2. *stabilità* su un *basso livello* di conoscenza in tema di radiazioni.

Le due forme di stabilità indicano assenza di mutamento, ossia il confronto tra i dati rilevati nelle due occasioni conduce ad un'assenza di varianza nei punteggi al test di competenza; in particolare, nel primo caso si tratta di una continuità su punteggi elevati, mentre nel secondo caso di una persistenza su punteggi bassi.

Per quanto concerne il cambiamento, si rintraccia un'articolazione più complessa. *In primis* vengono individuate due dimensioni generali:

1. *cambiamento* nella direzione di una *progressione* delle conoscenze in tema di radiazioni;
2. *cambiamento* nella direzione di una *regressione* delle conoscenze in tema di radiazioni.

Si manifesta il cambiamento nei casi in cui si riscontri dal confronto tra le due strutture di invarianza una interruzione di continuità. Esso può assumere due differenti accezioni: in un caso si registra una variazione "in positivo", ossia si assiste ad un *miglioramento delle conoscenze*, in un altro caso si riscontra la tendenza opposta, cioè si registra una variazione "in negativo" che indica un *peggioramento delle conoscenze*. In alcune analisi che seguiranno, andando a specificare ulteriormente il miglioramento e il peggioramento, possono essere suddivisi in due aree, quella dei bassi punteggi e quella degli alti punteggi, ossia la progressione e la regressione vengono distinte in base al livello di partenza delle conoscenze dei ragazzi. Inoltre, ogni dimensione

costituita è stata connotata come forte o debole peggioramento e miglioramento, in entrambe le aree di punteggi. Per rendere più agevole la comprensione, si presentano tutte le dimensioni del cambiamento cognitivo:

*Figura 4.3.1 – Le dimensioni del cambiamento cognitivo*



Fonte: nostra ri-elaborazione da Fasanella, Maggi, a c. di, 2011.

#### *4.3.1 La definizione teorica e le dimensioni delle conoscenze in tema di radiazioni*

Come per il concetto di cambiamento, anche per le *conoscenze in tema di radiazioni*, si rende necessario esplicitare il processo logico-concettuale che conduce alla misurazione di concetti complessi e non direttamente osservabili.

La conoscenza delle radiazioni ionizzanti viene definita come sapere, già acquisito o da apprendere, di nozioni relative al tema in questione. Si tratta di un concetto anch'esso complesso che è stato scomposto in cinque dimensioni:

*Tabella 4.3.1 – La scomposizione in dimensioni concettuali delle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti*

| <i>Definizione teorica del concetto</i>                                                | <i>Dimensioni concettuali</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sapere, già acquisito o da apprendere, di nozioni relative al tema della radioattività | <p>A) Conoscenze relative alla radioattività e alle radiazioni ionizzanti</p> <p>B) Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti</p> <p>C) Comportamenti di protezione dagli effetti della radioattività</p> <p>D) Azioni protettive durante un'emergenza radiologica</p> <p>E) Conoscenze relative all'energia nucleare</p> |

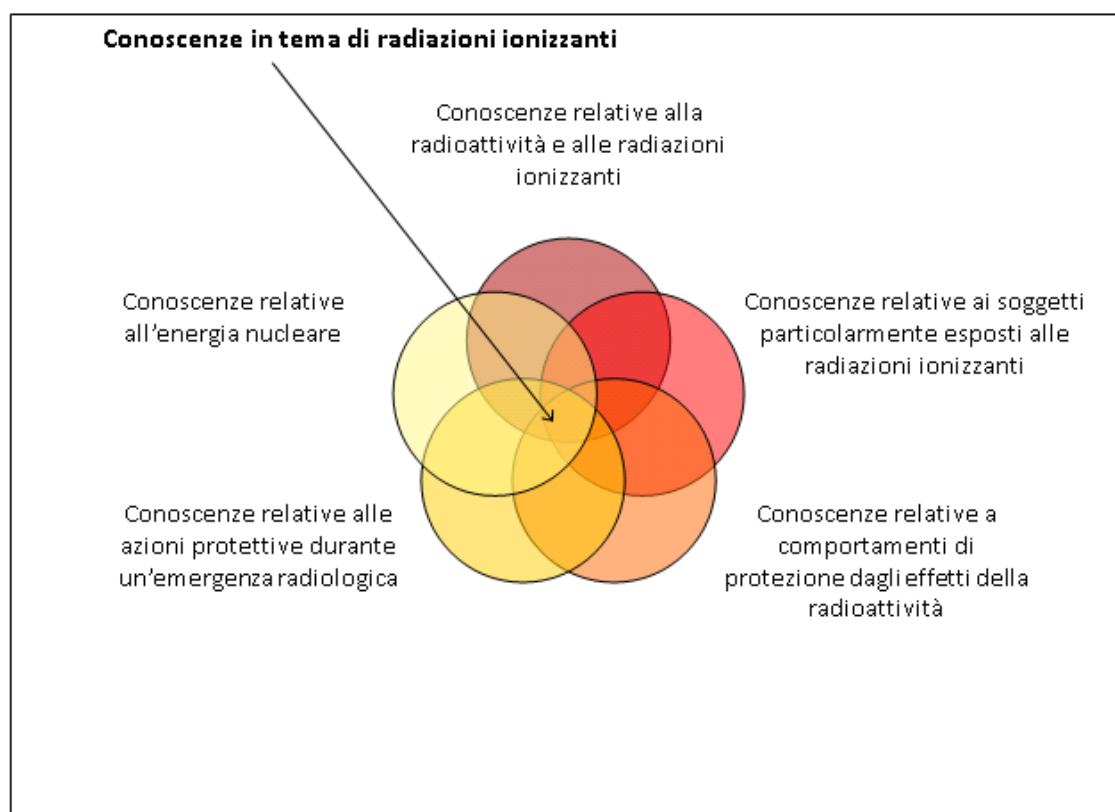
Le dimensioni si riferiscono alle *conoscenze* sul tema in questione e il cambiamento cognitivo, come più volte espresso, va esplorato nel confronto temporale di tali cognizioni. Il modello elaborato considera le conoscenze sulle radiazioni ionizzanti come costituite da 5 dimensioni rilevanti. Tutti gli aspetti sono sia *interrelati tra loro*, nel senso che la variazione di una componente è probabile che conduca a variazioni delle altre, sia in stretta *relazione con il concetto* in esame, e ciò significa che ogni parte dà un contributo alla formazione del concetto nel suo complesso. Si parla perciò di '*concetto-struttura*', ossia di un concetto che rimanda ad una unità sottostante che tiene uniti gli epifenomeni (fenomeni osservabili) e li fa covariare tra loro<sup>16</sup>.

Tale concetto può essere rappresentato attraverso la figura riportata:

---

<sup>16</sup> Si vedrà nel paragrafo 6.8, in occasione dell'applicazione dell'analisi fattoriale su cui si basa la *multiway analysis*, la conferma che si tratta di un '*concetto-struttura*' poiché i risultati dimostreranno che gli indicatori atti a rappresentare le dimensioni concettuali afferiscono ad un'unica entità sottostante che funge da centro di irradiazione in grado di strutturare i dati.

*Figura 4.3.2 – Rappresentazione delle dimensioni rilevanti delle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti*



### 5.1 Introduzione

Il passaggio dalla dimensione teorica a quella empirica viene detto *rapporto di indicazione* e rappresenta il momento in cui il concetto, o meglio i suoi aspetti costitutivi, viene legato ai referenti empirici, gli indicatori. Si entra perciò nella fase in cui *si passa dal linguaggio teorico del concetto a quello empirico degli indicatori*, intesi come strumenti che permettono di determinare un oggetto che altrimenti non sarebbe direttamente rilevabile. Il notevole grado di astrazione del concetto non consente una sua riduzione empirica diretta, ragione per cui tra il dato e il concetto viene a porsi una relazione di *corrispondenza* solo *parziale* (cfr. Boudon, Lazarsfeld, 1965; tr. it. 1969). Nei paragrafi che seguono si illustrano le fasi di traduzione operativa del concetto teoricamente definito di cambiamento cognitivo.

### 5.2 L'operazionalizzazione del cambiamento cognitivo

Stabilite le dimensioni concettuali in base alla sua definizione teorica (capitolo 4), si pone la questione di selezionare gli *indicatori*<sup>17</sup> relativi agli aspetti concettuali atti a misurare sistematicamente il concetto. Gli indicatori vengono concepiti come “riflettori” dei concetti astratti. Non potendo rilevare direttamente gli stati sulla proprietà, è necessario *individuare* una proprietà, o meglio *più proprietà*, i cui stati siano rilevabili, e siano semanticamente collegati ad essa. In definitiva dunque, gli indicatori possono essere definiti anche come «oggetti giudicati sociali, suscettibili di essere pensati, e rilevati in quanto tali» (Parra Saiani, 2001, p. 57). Avendo definito il cambiamento cognitivo come rintracciabile nel confronto delle conoscenze in due intervalli temporali, ciascun indicatore nascerà dalla comparazione tra i punteggi ottenuti da ciascun ragazzo nei due tempi di rilevazione. Si otterranno in questo modo tanti indicatori di cambiamento quanti sono i confronti possibili relativi alle domande di conoscenza sul tema (capitolo 6).

La fase conclusiva del modello procedurale consiste nella *costruzione di indici sintetici*. Si tratta di un ritorno al concetto originario in una forma empirica, statisticamente misurabile. Gli indici di

---

<sup>17</sup> «L'indicatore deve quindi avere natura vettoriale nel senso strutturale, non nel senso matematico; dev'essere cioè: 1) una proprietà 2) che presenti stati su (almeno potenzialmente) tutti i casi rappresentati nelle righe della matrice dei dati» (Marradi, 1994, pp. 184-5).

cambiamento cognitivo non sono altro che la sintesi degli indicatori costruiti nella precedente fase. Tale sintesi può avvenire in molti modi possibili. Per tale motivo sono stati progettati differenti tipi di indici sintetici di cambiamento cognitivo che verranno illustrati e messi a confronto tra loro (capitolo 6).

#### 5.2.1 Gli indicatori delle conoscenze in tema di radiazioni

Come anticipato nei precedenti paragrafi, tra concetti e indicatori *non* esiste un *giunto rigido* poiché a seconda del contesto, dell'unità d'analisi e degli interessi cognitivi del ricercatore posso essere selezionati indicatori diversi atti a coprire la superficie semantica di un concetto. Il rapporto probabilistico implica che un indicatore possa rappresentare più concetti e, viceversa, che un concetto possa essere rappresentato da più indicatori differenti. Le scienze sociali, avendo a che fare con concetti complessi, necessitano di una *molteplicità di indicatori* poiché uno solo non ricopre interamente la superficie semantica di un concetto ma, tutt'al più, un aspetto o dimensione di esso. È quindi *auspicabile selezionare un gran numero di indicatori*.

La misurazione del cambiamento relativo alle conoscenze dei ragazzi in tema di radiazioni ionizzanti è avvenuto mediante una batteria di item inserita nel questionario che rileva le competenze dei ragazzi delle scuole superiori in tema di radiazioni ionizzanti. I quesiti vengono formulati sotto forma di domande alle quali i soggetti rispondono scegliendo tra diverse alternative di risposta precodificate; per le dimensioni A ed E si tratta di quattro risposte possibili, di cui una sola è quella corretta, due sono sbagliate e la quarta consiste nella modalità "non so"; per le dimensioni B, C e D sono state previste tre alternative di risposta, una corretta, una sbagliata e la categoria "non so". Si riportano per ciascuna dimensione, i relativi indicatori atti a rappresentarla empiricamente:

DIMENSIONE A: Conoscenze relative alla radioattività in generale e alle radiazioni ionizzanti in particolare

INDICATORI:

A1. La radioattività è un fenomeno per cui:

- ☐ è un fenomeno per il quale determinate sostanze emettono onde radio
- ☐ è un fenomeno per il quale determinate sostanze emettono radiazioni ionizzanti
- ☐ è un fenomeno per il quale determinate sostanze emettono radiazioni non ionizzanti
- ☐ non so

*A2. Le radiazioni ionizzanti:*

- ☐ sono dette così perché sono prodotte nella ionosfera
- ☐ sono dette così perché ionizzano gli atomi con i quali interagiscono
- ☐ sono dette così perché sono prodotte dalla ionizzazione di atomi
- ☐ non so

*A3. Le radiazioni non ionizzanti:*

- ☐ producono un innalzamento della temperatura corporea, ma non hanno alcun altro effetto
- ☐ producono un abbassamento della temperatura corporea e hanno effetti mutageni e cancerogeni
- ☐ non producono alterazioni a livello atomico, ma si teme possano causare danni alla salute, oggetto di studi e ricerche
- ☐ non so

*A4. Le radiazioni ionizzanti sono:*

- ☐ particelle dotate di massa e carica elettrica
- ☐ particelle dotate di massa, ma elettricamente neutre
- ☐ particelle o onde elettromagnetiche
- ☐ non so

*A5. Le radiazioni ionizzanti sono emesse:*

- ☐ solo dalle sostanze radioattive
- ☐ dalle sostanze radioattive e da determinati apparecchi
- ☐ da tutti gli elettrodomestici
- ☐ non so

*A6. Le sostanze radioattive:*

- ☐ sono tutte di origine naturale
- ☐ sono in parte presenti in natura e in parte prodotte dall'uomo
- ☐ sono tutte prodotte dall'uomo negli impianti nucleari
- ☐ non so

*A7. Gli effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti sono:*

- ☐ sempre probabilistici (possono verificarsi o meno), indipendentemente dalle dosi
- ☐ sempre deterministici (si verificano in ogni caso), indipendentemente dalle dosi
- ☐ probabilistici e anche deterministici, in base alle dosi
- ☐ non so

*A8. Gli effetti delle radiazioni ionizzanti possono essere:*

- ☐ somatici (riguardano qualsiasi organo o tessuto dell'individuo esposto alle radiazioni)
- ☐ genetici (vengono trasmessi ai discendenti dell'individuo esposto alle radiazioni)
- ☐ somatici e genetici
- ☐ non so

*A9. Cosa prevede il principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni?*

- ☐ i tipi di attività che comportano esposizione alle radiazioni ionizzanti devono essere preventivamente giustificati alla luce dei benefici che da essi derivano
- ☐ la somma delle dosi ricevute e impegnate non deve superare i limiti prescritti dalla legge
- ☐ le esposizioni alle radiazioni ionizzanti devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile
- ☐ non so

*A10. La corretta gestione dei rifiuti radioattivi è importante soprattutto per evitare:*

- ☐ il rischio di esplosione
- ☐ la lenta liberazione di radioattività verso l'ambiente
- ☐ le interferenze con le comunicazioni radio
- ☐ non so

**DIMENSIONE B: Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti**

**INDICATORI:**

*B1. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*  
*Tecnici informatici*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B2. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*  
*Antennisti*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B3. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*  
*Tecnici radiologi in ambito sanitario*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B4. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*  
*Tecnici radiologi di impianti nucleari*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B5. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Tecnici di centrali idroelettriche*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B6. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Pazienti in cura radioterapica*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B7. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Pazienti sottoposti a controlli ecografici*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B8. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Abitanti nei pressi di una centrale a carbone*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B9. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Abitanti nei pressi di una centrale nucleare*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B10. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B11. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Lavoratori presso stabilimenti per cure termali*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B12. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?*

*Piloti di voli intercontinentali*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*B13. Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti?  
Macchinisti di treni ad alta velocità*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

DIMENSIONE C: Comportamenti di protezione dagli effetti della radioattività

INDICATORI:

*C1. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Arieggiare spesso le stanze*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C2. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività? Seguire una dieta vegetariana*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C3. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Smettere di fumare*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C4. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività? Al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C5. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C6. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C7. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C8. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C9. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C10. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Predisporre finestre con doppi vetri negli edifici*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*C11. Attraverso quali comportamenti è possibile proteggersi dagli effetti della radioattività?  
Lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

**DIMENSIONE D: Azioni protettive durante un'emergenza radiologica**

**INDICATORI:**

*D1. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D2. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D3. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Abbattimento degli alberi delle zone interessate*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D4. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D5. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D6. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D7. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti chimici a base di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D8. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti chimici a base di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D9. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D10. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D11. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D12. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

*D13. Durante un'emergenza radiologica (es. incidente in una centrale nucleare), quali sono le principali azioni protettive volte a ridurre l'esposizione alle radiazioni ionizzanti della popolazione coinvolta? Evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza*

- ☐ sì
- ☐ no
- ☐ non so

DIMENSIONE E: Conoscenze relative all'energia nucleare

INDICATORI:

*E1. Qual è il rischio principale legato all'uso di energia nucleare?*

- ☐ il continuo rilascio di ingenti quantità di sostanze radioattive nel corso del normale funzionamento di una centrale
- ☐ le conseguenze di un possibile grave incidente
- ☐ la produzione di rifiuti radioattivi difficilmente isolabili
- ☐ non so

*E2. Che cosa è un reattore nucleare?*

- ☐ il motore di un jet
- ☐ una struttura in cui avviene la reazione di fissione con generazione di calore
- ☐ l'impianto per la produzione di benzina dal petrolio
- ☐ non so

*E3. Dove risiedono le principali fonti di pericolo di una centrale nucleare?*

- ☐ nel potenziale sviluppo di reazioni chimiche, con produzione di sostanze chimiche tossiche
- ☐ nell'accumulo di radioattività ed energia all'interno del reattore
- ☐ nella continua produzione di gas che contribuiscono all'effetto serra
- ☐ non so

### 6.1 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'approccio AMD

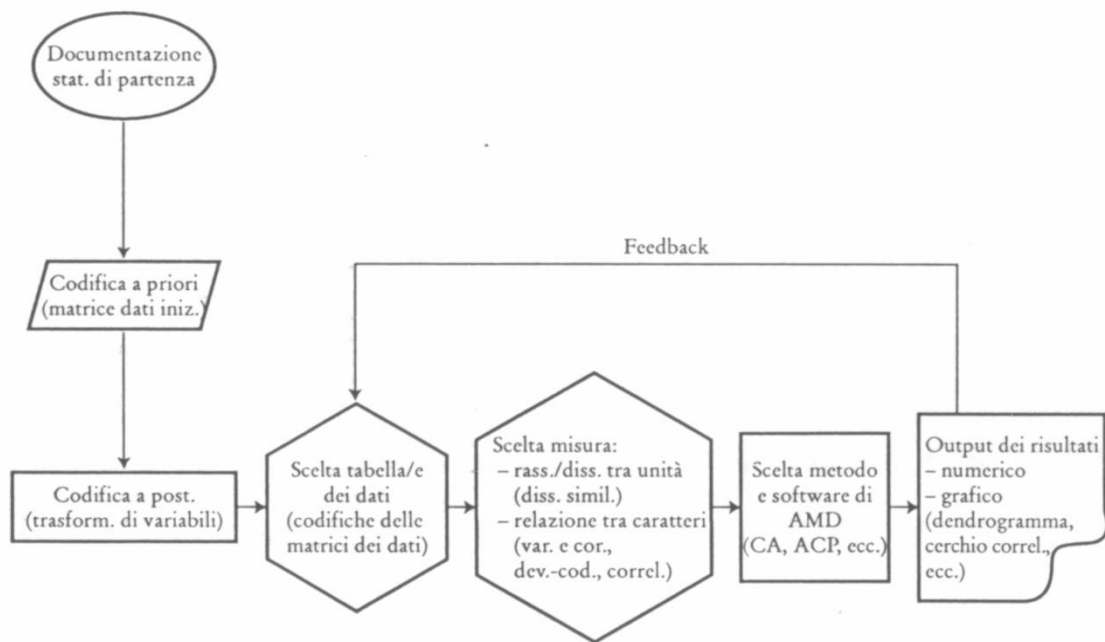
Si è deciso di analizzare il cambiamento cognitivo attraverso una serie numerosa di tecniche e modelli in un'ottica di triangolazione dei risultati. Al fine di rendere il più omogenea e organica possibile l'intera analisi, ogni approccio verrà inquadrato nella *prospettiva dell'Analisi Multidimensionale dei Dati (AMD) come sistema* composto di più fasi rintracciabili nello studio statistico di qualsiasi realtà sociale complessa. *In passato* l'applicazione di una tecnica statistica multivariata consisteva sinteticamente in una *tabella dei dati* – contenente implicitamente le ipotesi di modello – nell'applicazione della tecnica statistica multivariata e infine nell'output dei risultati. *Oggi* l'ampliarsi dei campi di applicazione dei metodi di analisi dei dati sia nelle scienze sociali che naturali, la *varietà e complessità delle situazioni specifiche di ricerca*, hanno portato a dare rilievo sia dal punto di vista metodologico, sia dal punto di vista informatico una serie di aspetti trascurati in passato, ossia la formalizzazione del problema, le codifiche a priori e a posteriori.

L'Analisi Multidimensionale dei Dati<sup>18</sup> riguarda analisi statistiche a diversi livelli di complessità, costituite da *più elaborazioni tra loro concatenate*. Al fine di poter esaminare sistematicamente, in modo unitario e articolato tali aspetti, è utile considerare *l'AMD come un 'sistema'* composto di più fasi tutte ugualmente importanti ed interdipendenti ed aventi ciascuna aspetti statistici e informatici (cfr. Fraire, 1994, p. 6). Molto schematicamente è possibile individuare 7 fasi principali:

---

<sup>18</sup> L'analisi dei dati (*analyse des données*) o analisi multidimensionale dei dati (AMD), affermata come branca autonoma della statistica negli anni Ottanta, riguarda un gruppo numeroso di tecniche statistiche multivariate che consentono, a seconda degli scopi della ricerca, di analizzare realtà sociali o fenomeni complessi. Essa ha origine dal connubio tra i metodi di analisi statistica multivariata e il trattamento automatico dei dati, indispensabile per effettuare questo tipo di analisi.

Figura 6.1.1 – Le 7 Fasi di un'analisi multidimensionale dei dati



Fonte: Fraire, 1994, p. 6

«In tale schema le diverse fasi sono poste in successione logica (indicata dal senso delle frecce), per ciascuna occorre operare delle scelte per le quali non sempre esistono regole fisse o criteri unici ed effettuare delle operazioni, sia dal punto di vista statistico che informatico» (*ibidem*, p. 6). In tale schema figura inoltre un *feedback* tra i tanti possibili: dall'output di un'AMD alla tabella dei dati, nel caso in cui da un'analisi dei dati vengano utilizzati come nuova tabella dei dati da sottoporre ad ulteriore analisi (paragrafo 6.8). Nel corso reale di un'analisi dei dati, alcune fasi possono mancare o sovrapporsi; tuttavia, questa successione schematizzata di stadi risulta molto utile per comprendere la logica che sottende ad un percorso di analisi dei dati.

Dopo aver compiuto le operazioni preliminari di stipulazione della definizione teorica di cambiamento cognitivo, di scelta degli aspetti costitutivi del concetto e di selezione degli indicatori sociali per le dimensioni considerate (capitoli 4 e 5) la *documentazione statistica di partenza* (prima fase di AMD) riguarda tutte le operazioni preliminari indispensabili a qualsiasi indagine statistica. In essa si definiscono:

- *l'oggetto* della ricerca: come già più volte espresso, consiste nello studio del cambiamento cognitivo (in tema di radiazioni ionizzanti) inteso come concetto complesso costituito da più aspetti (o dimensioni) traducibili in indicatori e quindi operazionalizzabili;

- lo *scopo* della ricerca: anche questo punto è stato già esplicitato più volte, e consente di pervenire ad una serie di risultati relativi al cambiamento delle conoscenze attraverso l'utilizzo di molteplici tecniche in un'ottica di triangolazione dei risultati;
- il *metodo* di rilevazione è stato *diretto* in quanto i dati sono stati acquisiti attraverso la conduzione di una *survey* con questionario;
- il *piano della rilevazione* consiste nello stabilire il *campo di indagine*, ossia la popolazione statistica  $P$  definita dall'insieme  $N$  delle unità statistiche (u.s.) e l'insieme  $K$  dei caratteri definito a priori. Nella presente trattazione, esso è costituito da  $N = 1.757$  u.s., rappresentati dai ragazzi dai 14 ai 19 anni e da  $K =$  caratteri statistici, rappresentati dalle informazioni contenute nel questionario;
- il *periodo di riferimento* è relativo all'intervallo temporale di realizzazione della ricerca nelle sue fasi organizzate lungo l'arco dei 12 mesi del 2010;
- gli *strumenti informatici utilizzati*: le elaborazioni vengono effettuate attraverso diversi software: *Microsoft Excel 2010* (del pacchetto *Microsoft Office 2010*), *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* per Windows 15.0, *SPAD (Système portable pour l'analyse des données)* per Windows 4.5, e *RUMM (Rasch Unidimensional Measurement Models)* per Windows 2020.

La seconda fase AMD riguarda la *codifica a priori e la matrice dei dati iniziali*. I dati rilevati sono stati acquisiti e caricati in SPSS per la creazione della *matrice  $X_{n,k}$  dei dati iniziali* o grezzi. Essa è composta da  $n$  righe e  $k$  colonne;  $n$  è la generica u. s. che può essere rappresentata dai 1.757 ragazzi;  $k$  sono i caratteri statistici di tipo misto. Ogni riga fornisce la descrizione completa dell'u.s. considerata nei  $k$  caratteri considerati, mentre ogni colonna rappresenta la distribuzione del carattere  $k$  considerato nella popolazione  $P$  considerata. Più in particolare, va notato che ogni vettore-riga della matrice rappresenta il profilo, ossia la descrizione completa delle informazioni rilevate con il questionario dell' $i$ -esimo caso considerato; ogni vettore-colonna non è altro che la distribuzione della  $j$ -esima variabile nei 1.757 casi considerati.

La matrice che ha costituito il presente caso di studio è la *matrice  $X_{n,k}$  di dati misti*, detta anche *tabella inventario*. Essa non ha alcuna struttura per cui, essendo composta da caratteri misti (mutabili e variabili), eterogenei e contenenti dati grezzi, sarà opportuno procedere di volta in volta ad opportune *codifiche a posteriori* sia sulle variabili, sia come trasformazione dell'intera matrice di dati affinché la tabella dei dati sia statisticamente trattabile ai fini della tecnica

prescelta. Per ogni analisi che sarà effettuata la matrice cambierà il suo ordine (dimensione) perché verrà utilizzato un numero diverso di variabili.

La terza fase dell'AMD riguarda le *codifiche a posteriori come trasformazioni di variabili* in quanto vengono effettuate sulle colonne della matrice dei dati iniziali. Tali codifiche sono riconducibili a due categorie: quelle che operano una modifica nella struttura del carattere originario e quelle che non effettuano tale cambiamento. Nella prima rientrano: la divisione in classi di una variabile, la trasformazione per ranghi (graduatorie) di una variabile, ecc.; fanno invece parte delle trasformazioni del secondo tipo: la trasformazione di una variabile  $x_j$  in una variabile scarto dalla media  $s_j$  e la matrice degli scarti dalla media  $S_{n,k}$ , la trasformazione di una variabile  $x_j$  in una variabile scarto standardizzato  $z_j$  e la matrice degli scarti standardizzati  $Z_{n,k}$ , le trasformazioni aritmetiche, algebriche, funzionali (cfr. *ibidem*, p. 44). In base alla tecnica utilizzata si procederà, ove richiesto, alle opportune codifiche che di volta in volta verranno esplicitate. È bene ricordare che non esistono regole fisse e criteri unici di scelta delle codifiche a posteriori e ciascuna di esse influirà sui risultati finali.

Le codifiche a posteriori possono essere effettuate per diversi scopi: a) requisiti statistici oggettivi cui devono rispondere i dati per essere statisticamente trattabili; b) scelta della tabella dei dati "migliore" o più significativa rispetto al problema da analizzare; c) compatibilità della tabella dei dati con la tecnica di AMD che su di essa si pensa di applicare.

In questa fase vengono incluse le analisi univariate, bivariate e trivariate adatte a studiare il cambiamento cognitivo.

Le *codifiche a posteriori come trasformazioni dell'intera matrice dei dati* sono proprie della quarta fase dell'AMD. Esse hanno lo scopo di approntare quella che viene definita la *tabella dei dati*, cioè la tabella su cui viene eseguito il metodo di AMD prescelto. Nelle concrete applicazioni una delle due fasi di codifica a posteriori (terza e quarta) può non essere necessaria. Le codifiche a posteriori come trasformazione dell'intera matrice sono di diverso tipo e scopi. Tra le più importanti si ricordano: la tabella sotto forma disgiuntiva completa, le tabelle dei profili-riga, le tabelle dei profili-colona, la tabella di contingenza generalizzata o di Burt, la tabella con variabili a correlazione nulla, la tabella di contingenza normalizzata, ecc. (cfr. *ibidem*).

La quinta fase di AMD riguarda la *scelta di una metrica*, o misura di:

- *rassomiglianza/dissomiglianza* tra le tutte le coppie possibili di unità statistiche rispetto ai  $k$  caratteri contemporaneamente considerati. La scelta tra le diverse misure è legata alla struttura  $S$  posseduta dalla tabella dei dati considerata e le misure con essa compatibili.

Una prima grande distinzione tra le diverse misure di rassomiglianza/dissomiglianza tra u.s. è quella tra *distanze* per le variabili (matrici  $D_{n,n}$ ) e *similarità* per le mutabili (matrici  $S_{n,n}$ ). La *matrice delle distanze* indicata con  $D_{n,n}$  è una matrice quadrata, di dimensione  $n \times n$ , simmetrica, positiva perché per le proprietà stesse di una distanza qualunque essa sia è sempre positiva o nulla, avente un numero di utili pari a  $n(n-1)/2$ . Tra le più impiegate distanze si ricordano: le distanze di Minkowsky, di Mahalanobis, di Hamming, la distanza del chi-quadrato.

- *relazione tra caratteri*, riguarda la scelta di una misura o indice di interdipendenza o connessione o correlazione tra i  $k$  caratteri (mutabili o variabili) considerati. Considerando tutte le possibili coppie di caratteri per ciascuna delle quali sono calcolati gli indici si hanno le corrispondenti matrici di dimensione  $k \times k$ . Tra i diversi tipi di matrici si ricordano: la matrice di varianze e covarianze  $\Sigma_{k,k}$ , la matrice di correlazione  $R_{k,k}$ , le matrici di devianze e codevianze  $Dev_{k,k}$ , adatte con i caratteri quantitativi.

La sesta fase riguarda la *scelta del metodo di analisi multidimensionale dei dati* che si intende utilizzare dopo aver predisposto e reso compatibile la tabella dei dati attraverso le opportune trasformazioni delle fasi precedenti.

Infine, la settima ed ultima fase, è relativa agli *output dei risultati* sia numerici che grafici forniti dal *software* impiegato, nonché alle relative interpretazioni.

## 6.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso le tabelle doppie

Si presentano di seguito i primi risultati che illustrano il cambiamento cognitivo in tema di radioattività nel campione rilevato. Si tratta di tavole di contingenza in cui viene incrociato ciascun item nella prima rilevazione (T1) (in colonna) con lo stesso item nella seconda rilevazione (T2) (in riga), stratificando i risultati in base all'appartenenza al gruppo sperimentale (GS) e al gruppo di controllo (GC). Vengono prese in esame *le variabili del test di competenza* inserite nella seconda sezione del questionario per un totale di 49 item<sup>19</sup>. Per agevolare la lettura si è operata una *codifica a posteriori* (terza fase dell'AMD) operando una dicotomizzazione di ciascuna domanda in

---

<sup>19</sup> Gli item progettati per il test di competenza ammontano a 50, tuttavia uno non è stato incluso nell'analisi dei risultati perché non ha superato i controlli di validità. L'item in questione è il seguente: "Quali di questi soggetti possono essere particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti? Abitanti nei pressi di una centrale nucleare".

“risposta corretta” e “risposta sbagliata”<sup>20</sup>. I casi di *stabilità* sono coloro che non presentano alcuno spostamento tra le due rilevazioni e che continuano a sbagliare oppure a scegliere la risposta corretta; in entrambi i casi vengono indicati come *profili omogenei*. Essi si posizionano sulla diagonale principale. Il *cambiamento* si manifesta nei passaggi da una risposta sbagliata ad una corretta o viceversa dando nel primo caso un esito di *miglioramento* e nel secondo caso un esito di *peggioramento*. Tali casi si collocano sulla diagonale secondaria. Per rendere direttamente visibile tali distinzioni si riportano per entrambi i gruppi i valori assoluti<sup>21</sup> e le percentuali di colonna dei casi di peggioramento in rosso, dei casi di miglioramento in verde e quelli di stabilità in giallo.

---

<sup>20</sup> L'alternativa di risposta “non so”, non essendo una risposta corretta, è stata aggregata alla risposta sbagliata.

<sup>21</sup> Si noterà che di volta in volta il totale dei casi per il gruppo sperimentale e per il gruppo di controllo non sarà lo stesso e non coinciderà con quanto espresso nel paragrafo relativo alla procedura di campionamento. Ciò accade perché per ciascuna domanda vi è un numero – esiguo – di mancate risposte, che non vengono conteggiate.

Tabella 6.2.1 – Item “La radioattività è un fenomeno per cui” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                             |                    | La radioattività è un fenomeno per cui(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                             |                    | risposta sbagliata                          | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | La radioattività è un fenomeno per cui(T2): | risposta sbagliata | 127                                         | 81                | 208    |
|                                                               |                                             |                    | 42,1%                                       | 15,5%             | 25,2%  |
|                                                               |                                             | risposta corretta  | 175                                         | 442               | 617    |
|                                                               |                                             |                    | 57,9%                                       | 84,5%             | 74,8%  |
|                                                               | Totale                                      |                    | 302                                         | 523               | 825    |
|                                                               |                                             |                    | 100%                                        | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | La radioattività è un fenomeno per cui(T2): | risposta sbagliata | 174                                         | 123               | 297    |
|                                                               |                                             |                    | 52,9%                                       | 21,9%             | 33,3%  |
|                                                               |                                             | risposta corretta  | 155                                         | 439               | 594    |
|                                                               |                                             |                    | 47,1%                                       | 78,1%             | 66,7%  |
|                                                               | Totale                                      |                    | 329                                         | 562               | 891    |
|                                                               |                                             |                    | 100%                                        | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: determinate sostanze emettono radiazioni ionizzanti

Tabella 6.2.2 – Item “Le radiazioni ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola<br>al Gruppo Sperimentale/di<br>Controllo |                               |                       | Le radiazioni<br>ionizzanti(T1): |                      | Totale |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------|--------|
|                                                                     |                               |                       | risposta<br>sbagliata            | risposta<br>corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                                 | Le radiazioni ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 380                              | 148                  | 528    |
|                                                                     |                               |                       | 69,1%                            | 51,9%                | 63,2%  |
|                                                                     |                               | risposta<br>corretta  | 170                              | 137                  | 307    |
|                                                                     |                               |                       | 30,9%                            | 48,1%                | 36,8%  |
|                                                                     | Totale                        |                       | 550                              | 285                  | 835    |
|                                                                     |                               |                       | 100%                             | 100%                 | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                                 | Le radiazioni ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 435                              | 155                  | 590    |
|                                                                     |                               |                       | 73,4%                            | 50,2%                | 65,4%  |
|                                                                     |                               | risposta<br>corretta  | 158                              | 154                  | 312    |
|                                                                     |                               |                       | 26,6%                            | 49,8%                | 34,6%  |
|                                                                     | Totale                        |                       | 593                              | 309                  | 902    |
|                                                                     |                               |                       | 100%                             | 100%                 | 100%   |

Risposta corretta: ionizzano gli atomi con i quali interagiscono

Tabella 6.2.3 – Item “Le radiazioni non ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                   |                    | Le radiazioni non ionizzanti(T1): |                   | Totale |      |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------|--------|------|
|                                                               |                                   |                    | risposta sbagliata                | risposta corretta |        |      |
| Gruppo Sperimentale                                           | Le radiazioni non ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 339                               | 131               | 470    |      |
|                                                               |                                   |                    | 64,2%                             | 43,7%             | 56,8%  |      |
|                                                               |                                   | risposta corretta  | 189                               | 169               | 358    |      |
|                                                               |                                   |                    | 35,8%                             | 56,3%             | 43,2%  |      |
|                                                               | Totale                            |                    |                                   | 528               | 300    | 828  |
|                                                               |                                   |                    |                                   | 100%              | 100%   | 100% |
| Gruppo di Controllo                                           | Le radiazioni non ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 412                               | 165               | 577    |      |
|                                                               |                                   |                    | 71,8%                             | 51,2%             | 64,4%  |      |
|                                                               |                                   | risposta corretta  | 162                               | 157               | 319    |      |
|                                                               |                                   |                    | 28,2%                             | 48,8%             | 35,6%  |      |
|                                                               | Totale                            |                    |                                   | 574               | 322    | 896  |
|                                                               |                                   |                    |                                   | 100%              | 100%   | 100% |

Risposta corretta: non ionizzano, ma possono causare danni alla salute

Tabella 6.2.4 – Item “Definizione delle radiazioni ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola<br>al Gruppo Sperimentale/di<br>Controllo |                                                 |                       | Definizione delle<br>radiazioni ionizzanti(T1) |                      | Totale |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|----------------------|--------|
|                                                                     |                                                 |                       | risposta<br>sbagliata                          | risposta<br>corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                                 | Definizione delle radiazioni<br>ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 433                                            | 160                  | 593    |
|                                                                     |                                                 |                       | 74,3%                                          | 65,6%                | 71,7%  |
|                                                                     |                                                 | risposta<br>corretta  | 150                                            | 84                   | 234    |
|                                                                     |                                                 |                       | 25,7%                                          | 34,4%                | 28,3%  |
|                                                                     | Totale                                          |                       | 583                                            | 244                  | 827    |
|                                                                     |                                                 |                       | 100%                                           | 100%                 | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                                 | Definizione delle radiazioni<br>ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 503                                            | 147                  | 650    |
|                                                                     |                                                 |                       | 80,2%                                          | 54,9%                | 72,6%  |
|                                                                     |                                                 | risposta<br>corretta  | 124                                            | 121                  | 245    |
|                                                                     |                                                 |                       | 19,8%                                          | 45,1%                | 27,4%  |
|                                                                     | Totale                                          |                       | 627                                            | 268                  | 895    |
|                                                                     |                                                 |                       | 100%                                           | 100%                 | 100%   |

Risposta corretta: particelle o onde elettromagnetiche

Tabella 6.2.5 – Item “Emissione delle radiazioni ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                            |                    | Emissione delle radiazioni ionizzanti(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                            |                    | risposta sbagliata                         | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emissione delle radiazioni ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 189                                        | 137               | 326    |
|                                                               |                                            |                    | 49,0%                                      | 31,1%             | 39,4%  |
|                                                               |                                            | risposta corretta  | 197                                        | 304               | 501    |
|                                                               |                                            |                    | 51,0%                                      | 68,9%             | 60,6%  |
|                                                               | Totale                                     |                    | 386                                        | 441               | 827    |
|                                                               |                                            |                    | 100%                                       | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emissione delle radiazioni ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 256                                        | 156               | 412    |
|                                                               |                                            |                    | 59,7%                                      | 33,4%             | 46,0%  |
|                                                               |                                            | risposta corretta  | 173                                        | 311               | 484    |
|                                                               |                                            |                    | 40,3%                                      | 66,6%             | 54,0%  |
|                                                               | Totale                                     |                    | 429                                        | 467               | 896    |
|                                                               |                                            |                    | 100%                                       | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: dalle sostanze radioattive e da alcuni apparecchi

Tabella 6.2.6 – Item “Origine delle sostanze radioattive” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                         |                    | Origine delle sostanze radioattive(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                         |                    | risposta sbagliata                      | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Origine delle sostanze radioattive(T2): | risposta sbagliata | 188                                     | 97                | 285    |
|                                                               |                                         |                    | 50,0%                                   | 21,2%             | 34,2%  |
|                                                               |                                         | risposta corretta  | 188                                     | 360               | 548    |
|                                                               |                                         |                    | 50,0%                                   | 78,8%             | 65,8%  |
|                                                               | Totale                                  |                    | 376                                     | 457               | 833    |
|                                                               |                                         |                    | 100%                                    | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Origine delle sostanze radioattive(T2): | risposta sbagliata | 307                                     | 118               | 425    |
|                                                               |                                         |                    | 64,0%                                   | 27,8%             | 47,0%  |
|                                                               |                                         | risposta corretta  | 173                                     | 306               | 479    |
|                                                               |                                         |                    | 36,0%                                   | 72,2%             | 53,0%  |
|                                                               | Totale                                  |                    | 480                                     | 424               | 904    |
|                                                               |                                         |                    | 100%                                    | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sono in parte naturali e in parte prodotte dall'uomo

Tabella 6.2.7 – Item “Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                |                    | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                |                    | risposta sbagliata                                             | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 329                                                            | 124               | 453    |
|                                                               |                                                                |                    | 66,9%                                                          | 36,2%             | 54,3%  |
|                                                               |                                                                | risposta corretta  | 163                                                            | 219               | 382    |
|                                                               |                                                                |                    | 33,1%                                                          | 63,8%             | 45,7%  |
|                                                               | Totale                                                         |                    | 492                                                            | 343               | 835    |
|                                                               |                                                                |                    | 100%                                                           | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti(T2): | risposta sbagliata | 407                                                            | 141               | 548    |
|                                                               |                                                                |                    | 73,1%                                                          | 41,5%             | 61,1%  |
|                                                               |                                                                | risposta corretta  | 150                                                            | 199               | 349    |
|                                                               |                                                                |                    | 26,9%                                                          | 58,5%             | 38,9%  |
|                                                               | Totale                                                         |                    | 557                                                            | 340               | 897    |
|                                                               |                                                                |                    | 100%                                                           | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: probabilistici e anche deterministici, in base alle dosi

Tabella 6.2.8 – Item “Effetti delle radiazioni ionizzanti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola<br>al Gruppo Sperimentale/di<br>Controllo |                                             |                       | Effetti delle radiazioni<br>ionizzanti(T1): |                      | Totale |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------------------|--------|
|                                                                     |                                             |                       | risposta<br>sbagliata                       | risposta<br>corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                                 | Effetti delle radiazioni<br>ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 257                                         | 87                   | 344    |
|                                                                     |                                             |                       | 53,1%                                       | 24,6%                | 41,1%  |
|                                                                     |                                             | risposta<br>corretta  | 227                                         | 267                  | 494    |
|                                                                     |                                             |                       | 46,9%                                       | 75,4%                | 58,9%  |
|                                                                     | Totale                                      |                       | 484                                         | 354                  | 838    |
|                                                                     |                                             |                       | 100%                                        | 100%                 | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                                 | Effetti delle radiazioni<br>ionizzanti(T2): | risposta<br>sbagliata | 356                                         | 157                  | 513    |
|                                                                     |                                             |                       | 74,0%                                       | 37,0%                | 56,7%  |
|                                                                     |                                             | risposta<br>corretta  | 125                                         | 267                  | 392    |
|                                                                     |                                             |                       | 26,0%                                       | 63,0%                | 43,3%  |
|                                                                     | Totale                                      |                       | 481                                         | 424                  | 905    |
|                                                                     |                                             |                       | 100%                                        | 100%                 | 100%   |

Risposta corretta: somatici e genetici

Tabella 6.2.9 – Item “Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                            |                    | Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                            |                    | risposta sbagliata                                                         | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni(T2): | risposta sbagliata | 505                                                                        | 116               | 621    |
|                                                               |                                                                            |                    | 78,4%                                                                      | 62,4%             | 74,8%  |
|                                                               |                                                                            | risposta corretta  | 139                                                                        | 70                | 209    |
|                                                               |                                                                            |                    | 21,6%                                                                      | 37,6%             | 25,2%  |
|                                                               | Totale                                                                     |                    | 644                                                                        | 186               | 830    |
|                                                               |                                                                            |                    | 100%                                                                       | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni(T2): | risposta sbagliata | 602                                                                        | 104               | 706    |
|                                                               |                                                                            |                    | 82,1%                                                                      | 62,7%             | 78,5%  |
|                                                               |                                                                            | risposta corretta  | 131                                                                        | 62                | 193    |
|                                                               |                                                                            |                    | 17,9%                                                                      | 37,3%             | 21,5%  |
|                                                               | Totale                                                                     |                    | 733                                                                        | 166               | 899    |
|                                                               |                                                                            |                    | 100%                                                                       | 100%              | 100%   |

*Risposta corretta:* le esposizioni alle radiazioni ionizzanti devono essere mantenute al livello più basso ottenibile

Tabella 6.2.10 – Item “Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                 |                    | Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                 |                    | risposta sbagliata                                              | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi(T2): | risposta sbagliata | 90                                                              | 101               | 191    |
|                                                               |                                                                 |                    | 51,1%                                                           | 15,3%             | 22,8%  |
|                                                               |                                                                 | risposta corretta  | 86                                                              | 560               | 646    |
|                                                               |                                                                 |                    | 48,9%                                                           | 84,7%             | 77,2%  |
|                                                               | Totale                                                          |                    | 176                                                             | 661               | 837    |
|                                                               |                                                                 |                    | 100%                                                            | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi(T2): | risposta sbagliata | 97                                                              | 130               | 227    |
|                                                               |                                                                 |                    | 58,1%                                                           | 17,7%             | 25,2%  |
|                                                               |                                                                 | risposta corretta  | 70                                                              | 603               | 673    |
|                                                               |                                                                 |                    | 41,9%                                                           | 82,3%             | 74,8%  |
|                                                               | Totale                                                          |                    | 167                                                             | 733               | 900    |
|                                                               |                                                                 |                    | 100%                                                            | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: per evitare la lenta liberazione di radioattività verso l'ambiente

*Tabella 6.2.11 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                      |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                      |                    | risposta sbagliata                                                                   | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici(T2) | risposta sbagliata | 309                                                                                  | 177               | 486    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 71,5%                                                                                | 44,8%             | 58,8%  |
|                                                               |                                                                                      | risposta corretta  | 123                                                                                  | 218               | 341    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 28,5%                                                                                | 55,2%             | 41,2%  |
|                                                               | Totale                                                                               |                    | 432                                                                                  | 395               | 827    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 100%                                                                                 | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici(T2) | risposta sbagliata | 329                                                                                  | 159               | 488    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 69,0%                                                                                | 38,0%             | 54,5%  |
|                                                               |                                                                                      | risposta corretta  | 148                                                                                  | 259               | 407    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 31,0%                                                                                | 62,0%             | 45,5%  |
|                                                               | Totale                                                                               |                    | 477                                                                                  | 418               | 895    |
|                                                               |                                                                                      |                    | 100%                                                                                 | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.12 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antenisti” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                             |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                             |                    | risposta sbagliata                                                          | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti(T2) | risposta sbagliata | 492                                                                         | 106               | 598    |
|                                                               |                                                                             |                    | 79,6%                                                                       | 49,5%             | 71,9%  |
|                                                               |                                                                             | risposta corretta  | 126                                                                         | 108               | 234    |
|                                                               |                                                                             |                    | 20,4%                                                                       | 50,5%             | 28,1%  |
|                                                               | Totale                                                                      |                    | 618                                                                         | 214               | 832    |
|                                                               |                                                                             |                    | 100%                                                                        | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti(T2) | risposta sbagliata | 514                                                                         | 144               | 658    |
|                                                               |                                                                             |                    | 81,8%                                                                       | 52,9%             | 73,1%  |
|                                                               |                                                                             | risposta corretta  | 114                                                                         | 128               | 242    |
|                                                               |                                                                             |                    | 18,2%                                                                       | 47,1%             | 26,9%  |
|                                                               | Totale                                                                      |                    | 628                                                                         | 272               | 900    |
|                                                               |                                                                             |                    | 100%                                                                        | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.13– Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                        |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                        |                    | risposta sbagliata                                                                                     | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario(T2) | risposta sbagliata | 129                                                                                                    | 105               | 234    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 42,6%                                                                                                  | 20,0%             | 28,3%  |
|                                                               |                                                                                                        | risposta corretta  | 174                                                                                                    | 419               | 593    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 57,4%                                                                                                  | 80,0%             | 71,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                 |                    | 303                                                                                                    | 524               | 827    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                   | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario(T2) | risposta sbagliata | 178                                                                                                    | 122               | 300    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 53,1%                                                                                                  | 21,6%             | 33,4%  |
|                                                               |                                                                                                        | risposta corretta  | 157                                                                                                    | 442               | 599    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 46,9%                                                                                                  | 78,4%             | 66,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                 |                    | 335                                                                                                    | 564               | 899    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                   | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.14 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                               |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                               |                    | risposta sbagliata                                                                            | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari(T2) | risposta sbagliata | 27                                                                                            | 63                | 90     |
|                                                               |                                                                                               |                    | 27,0%                                                                                         | 8,6%              | 10,8%  |
|                                                               |                                                                                               | risposta corretta  | 73                                                                                            | 668               | 741    |
|                                                               |                                                                                               |                    | 73,0%                                                                                         | 91,4%             | 89,2%  |
|                                                               | Totale                                                                                        |                    | 100                                                                                           | 731               | 831    |
|                                                               |                                                                                               |                    | 100%                                                                                          | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari(T2) | risposta sbagliata | 41                                                                                            | 89                | 130    |
|                                                               |                                                                                               |                    | 42,7%                                                                                         | 11,1%             | 14,4%  |
|                                                               |                                                                                               | risposta corretta  | 55                                                                                            | 716               | 771    |
|                                                               |                                                                                               |                    | 57,3%                                                                                         | 88,9%             | 85,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                        |                    | 96                                                                                            | 805               | 901    |
|                                                               |                                                                                               |                    | 100%                                                                                          | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.15 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                     |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                     |                    | risposta sbagliata                                                                                  | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche(T2) | risposta sbagliata | 241                                                                                                 | 156               | 397    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 68,3%                                                                                               | 33,5%             | 48,5%  |
|                                                               |                                                                                                     | risposta corretta  | 112                                                                                                 | 310               | 422    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 31,7%                                                                                               | 66,5%             | 51,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                              |                    | 353                                                                                                 | 466               | 819    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche(T2) | risposta sbagliata | 267                                                                                                 | 160               | 427    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 68,5%                                                                                               | 31,9%             | 47,9%  |
|                                                               |                                                                                                     | risposta corretta  | 123                                                                                                 | 341               | 464    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 31,5%                                                                                               | 68,1%             | 52,1%  |
|                                                               | Totale                                                                                              |                    | 390                                                                                                 | 501               | 891    |
|                                                               |                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.16 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                 |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                 |                    | risposta sbagliata                                                                              | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica(T2) | risposta sbagliata | 163                                                                                             | 91                | 254    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 49,4%                                                                                           | 18,1%             | 30,5%  |
|                                                               |                                                                                                 | risposta corretta  | 167                                                                                             | 411               | 578    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 50,6%                                                                                           | 81,9%             | 69,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                          |                    | 330                                                                                             | 502               | 832    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 100%                                                                                            | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica(T2) | risposta sbagliata | 222                                                                                             | 100               | 322    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 57,1%                                                                                           | 19,6%             | 35,8%  |
|                                                               |                                                                                                 | risposta corretta  | 167                                                                                             | 411               | 578    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 42,9%                                                                                           | 80,4%             | 64,2%  |
|                                                               | Totale                                                                                          |                    | 389                                                                                             | 511               | 900    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 100%                                                                                            | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.17 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                             |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                             |                    | risposta sbagliata                                                                                          | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici(T2) | risposta sbagliata | 391                                                                                                         | 166               | 557    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 78,7%                                                                                                       | 51,2%             | 67,8%  |
|                                                               |                                                                                                             | risposta corretta  | 106                                                                                                         | 158               | 264    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 21,3%                                                                                                       | 48,8%             | 32,2%  |
|                                                               | Totale                                                                                                      |                    | 497                                                                                                         | 324               | 821    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                        | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici(T2) | risposta sbagliata | 398                                                                                                         | 158               | 556    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 75,2%                                                                                                       | 43,1%             | 62,1%  |
|                                                               |                                                                                                             | risposta corretta  | 131                                                                                                         | 209               | 340    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 24,8%                                                                                                       | 56,9%             | 37,9%  |
|                                                               | Totale                                                                                                      |                    | 529                                                                                                         | 367               | 896    |
|                                                               |                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                        | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.18 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                |                    | risposta sbagliata                                                                                             | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone(T2) | risposta sbagliata | 201                                                                                                            | 211               | 412    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 64,2%                                                                                                          | 40,8%             | 49,6%  |
|                                                               |                                                                                                                | risposta corretta  | 112                                                                                                            | 306               | 418    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 35,8%                                                                                                          | 59,2%             | 50,4%  |
|                                                               | Totale                                                                                                         |                    | 313                                                                                                            | 517               | 830    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 100%                                                                                                           | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone(T2) | risposta sbagliata | 257                                                                                                            | 190               | 447    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 69,8%                                                                                                          | 35,8%             | 49,7%  |
|                                                               |                                                                                                                | risposta corretta  | 111                                                                                                            | 341               | 452    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 30,2%                                                                                                          | 64,2%             | 50,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                                         |                    | 368                                                                                                            | 531               | 899    |
|                                                               |                                                                                                                |                    | 100%                                                                                                           | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.19 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                          |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                          |                    | risposta sbagliata                                                                                                       | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico(T2) | risposta sbagliata | 315                                                                                                                      | 63                | 378    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 52,2%                                                                                                                    | 27,6%             | 45,4%  |
|                                                               |                                                                                                                          | risposta corretta  | 289                                                                                                                      | 165               | 454    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 47,8%                                                                                                                    | 72,4%             | 54,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                   |                    | 604                                                                                                                      | 228               | 832    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 100%                                                                                                                     | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico(T2) | risposta sbagliata | 530                                                                                                                      | 57                | 587    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 72,6%                                                                                                                    | 34,1%             | 65,4%  |
|                                                               |                                                                                                                          | risposta corretta  | 200                                                                                                                      | 110               | 310    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 27,4%                                                                                                                    | 65,9%             | 34,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                   |                    | 730                                                                                                                      | 167               | 897    |
|                                                               |                                                                                                                          |                    | 100%                                                                                                                     | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.20 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                  |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                  |                    | risposta sbagliata                                                                                               | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali(T2) | risposta sbagliata | 711                                                                                                              | 41                | 752    |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 91,7%                                                                                                            | 77,4%             | 90,8%  |
|                                                               |                                                                                                                  | risposta corretta  | 64                                                                                                               | 12                | 76     |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 8,3%                                                                                                             | 22,6%             | 9,2%   |
|                                                               | Totale                                                                                                           |                    | 775                                                                                                              | 53                | 828    |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 100%                                                                                                             | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali(T2) | risposta sbagliata | 781                                                                                                              | 45                | 826    |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 93,3%                                                                                                            | 72,6%             | 91,9%  |
|                                                               |                                                                                                                  | risposta corretta  | 56                                                                                                               | 17                | 73     |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 6,7%                                                                                                             | 27,4%             | 8,1%   |
|                                                               | Totale                                                                                                           |                    | 837                                                                                                              | 62                | 899    |
|                                                               |                                                                                                                  |                    | 100%                                                                                                             | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.21 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                   |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                   |                    | risposta sbagliata                                                                                | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali(T2) | risposta sbagliata | 588                                                                                               | 81                | 669    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 83,6%                                                                                             | 63,3%             | 80,5%  |
|                                                               |                                                                                                   | risposta corretta  | 115                                                                                               | 47                | 162    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 16,4%                                                                                             | 36,7%             | 19,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                            |                    | 703                                                                                               | 128               | 831    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 100%                                                                                              | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali(T2) | risposta sbagliata | 698                                                                                               | 73                | 771    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 90,9%                                                                                             | 59,3%             | 86,5%  |
|                                                               |                                                                                                   | risposta corretta  | 70                                                                                                | 50                | 120    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 9,1%                                                                                              | 40,7%             | 13,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                            |                    | 768                                                                                               | 123               | 891    |
|                                                               |                                                                                                   |                    | 100%                                                                                              | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.22 – Item “Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                        |                    | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                        |                    | risposta sbagliata                                                                                     | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità(T2) | risposta sbagliata | 210                                                                                                    | 148               | 358    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 58,3%                                                                                                  | 31,5%             | 43,1%  |
|                                                               |                                                                                                        | risposta corretta  | 150                                                                                                    | 322               | 472    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 41,7%                                                                                                  | 68,5%             | 56,9%  |
|                                                               | Totale                                                                                                 |                    | 360                                                                                                    | 470               | 830    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                   | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità(T2) | risposta sbagliata | 250                                                                                                    | 172               | 422    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 64,8%                                                                                                  | 33,5%             | 46,9%  |
|                                                               |                                                                                                        | risposta corretta  | 136                                                                                                    | 341               | 477    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 35,2%                                                                                                  | 66,5%             | 53,1%  |
|                                                               | Totale                                                                                                 |                    | 386                                                                                                    | 513               | 899    |
|                                                               |                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                   | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.23 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                  |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                  |                    | risposta sbagliata                                                               | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze(T2) | risposta sbagliata | 328                                                                              | 68                | 396    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 54,4%                                                                            | 28,9%             | 47,3%  |
|                                                               |                                                                                  | risposta corretta  | 275                                                                              | 167               | 442    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 45,6%                                                                            | 71,1%             | 52,7%  |
|                                                               | Totale                                                                           |                    | 603                                                                              | 235               | 838    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 100%                                                                             | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze(T2) | risposta sbagliata | 516                                                                              | 73                | 589    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 75,3%                                                                            | 33,8%             | 65,4%  |
|                                                               |                                                                                  | risposta corretta  | 169                                                                              | 143               | 312    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 24,7%                                                                            | 66,2%             | 34,6%  |
|                                                               | Totale                                                                           |                    | 685                                                                              | 216               | 901    |
|                                                               |                                                                                  |                    | 100%                                                                             | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.24 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                    |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                    |                    | risposta sbagliata                                                                 | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana(T2) | risposta sbagliata | 80                                                                                 | 107               | 187    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 44,2%                                                                              | 16,3%             | 22,4%  |
|                                                               |                                                                                    | risposta corretta  | 101                                                                                | 548               | 649    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 55,8%                                                                              | 83,7%             | 77,6%  |
|                                                               | Totale                                                                             |                    | 181                                                                                | 655               | 836    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 100%                                                                               | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana(T2) | risposta sbagliata | 78                                                                                 | 172               | 250    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 53,8%                                                                              | 22,6%             | 27,6%  |
|                                                               |                                                                                    | risposta corretta  | 67                                                                                 | 590               | 657    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 46,2%                                                                              | 77,4%             | 72,4%  |
|                                                               | Totale                                                                             |                    | 145                                                                                | 762               | 907    |
|                                                               |                                                                                    |                    | 100%                                                                               | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.25 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                         |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                         |                    | risposta sbagliata                                                      | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare(T2) | risposta sbagliata | 424                                                                     | 74                | 498    |
|                                                               |                                                                         |                    | 66,5%                                                                   | 37,9%             | 59,8%  |
|                                                               |                                                                         | risposta corretta  | 214                                                                     | 121               | 335    |
|                                                               |                                                                         |                    | 33,5%                                                                   | 62,1%             | 40,2%  |
|                                                               | Totale                                                                  |                    | 638                                                                     | 195               | 833    |
|                                                               |                                                                         |                    | 100%                                                                    | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare(T2) | risposta sbagliata | 607                                                                     | 73                | 680    |
|                                                               |                                                                         |                    | 83,3%                                                                   | 43,2%             | 75,7%  |
|                                                               |                                                                         | risposta corretta  | 122                                                                     | 96                | 218    |
|                                                               |                                                                         |                    | 16,7%                                                                   | 56,8%             | 24,3%  |
|                                                               | Totale                                                                  |                    | 729                                                                     | 169               | 898    |
|                                                               |                                                                         |                    | 100%                                                                    | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.26 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                        |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                        |                    | risposta sbagliata                                                                                                     | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive(T2) | risposta sbagliata | 578                                                                                                                    | 112               | 690    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 87,0%                                                                                                                  | 65,5%             | 82,6%  |
|                                                               |                                                                                                                        | risposta corretta  | 86                                                                                                                     | 59                | 145    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 13,0%                                                                                                                  | 34,5%             | 17,4%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                 |                    | 664                                                                                                                    | 171               | 835    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                                   | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive(T2) | risposta sbagliata | 619                                                                                                                    | 103               | 722    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 86,2%                                                                                                                  | 56,9%             | 80,3%  |
|                                                               |                                                                                                                        | risposta corretta  | 99                                                                                                                     | 78                | 177    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 13,8%                                                                                                                  | 43,1%             | 19,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                 |                    | 718                                                                                                                    | 181               | 899    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                                   | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.27 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                     |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                  | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità(T2) | risposta sbagliata | 133                                                                                                                                                 | 116               | 249    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 49,8%                                                                                                                                               | 20,3%             | 29,7%  |
|                                                               |                                                                                                                                                     | risposta corretta  | 134                                                                                                                                                 | 455               | 589    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 50,2%                                                                                                                                               | 79,7%             | 70,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                              |                    | 267                                                                                                                                                 | 571               | 838    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                                                                | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità(T2) | risposta sbagliata | 161                                                                                                                                                 | 135               | 296    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 57,3%                                                                                                                                               | 21,8%             | 32,9%  |
|                                                               |                                                                                                                                                     | risposta corretta  | 120                                                                                                                                                 | 483               | 603    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 42,7%                                                                                                                                               | 78,2%             | 67,1%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                              |                    | 281                                                                                                                                                 | 618               | 899    |
|                                                               |                                                                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                                                                | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.28 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                       |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                       |                    | risposta sbagliata                                                                                                    | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi(T2) | risposta sbagliata | 61                                                                                                                    | 89                | 150    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 39,4%                                                                                                                 | 13,1%             | 18,0%  |
|                                                               |                                                                                                                       | risposta corretta  | 94                                                                                                                    | 591               | 685    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 60,6%                                                                                                                 | 86,9%             | 82,0%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                |                    | 155                                                                                                                   | 680               | 835    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 100%                                                                                                                  | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi(T2) | risposta sbagliata | 84                                                                                                                    | 126               | 210    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 55,3%                                                                                                                 | 17,0%             | 23,5%  |
|                                                               |                                                                                                                       | risposta corretta  | 68                                                                                                                    | 614               | 682    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 44,7%                                                                                                                 | 83,0%             | 76,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                |                    | 152                                                                                                                   | 740               | 892    |
|                                                               |                                                                                                                       |                    | 100%                                                                                                                  | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.29 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                            |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | risposta sbagliata                                                                                                                         | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma(T2) | risposta sbagliata | 397                                                                                                                                        | 148               | 545    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 76,2%                                                                                                                                      | 47,1%             | 65,3%  |
|                                                               |                                                                                                                                            | risposta corretta  | 124                                                                                                                                        | 166               | 290    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 23,8%                                                                                                                                      | 52,9%             | 34,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                     |                    | 521                                                                                                                                        | 314               | 835    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 100%                                                                                                                                       | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma(T2) | risposta sbagliata | 483                                                                                                                                        | 132               | 615    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 82,1%                                                                                                                                      | 42,4%             | 68,4%  |
|                                                               |                                                                                                                                            | risposta corretta  | 105                                                                                                                                        | 179               | 284    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 17,9%                                                                                                                                      | 57,6%             | 31,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                     |                    | 588                                                                                                                                        | 311               | 899    |
|                                                               |                                                                                                                                            |                    | 100%                                                                                                                                       | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.30 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                         |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | risposta sbagliata                                                                                                                      | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte(T2) | risposta sbagliata | 91                                                                                                                                      | 106               | 197    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 50,8%                                                                                                                                   | 16,2%             | 23,6%  |
|                                                               |                                                                                                                                         | risposta corretta  | 88                                                                                                                                      | 549               | 637    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 49,2%                                                                                                                                   | 83,8%             | 76,4%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                  |                    | 179                                                                                                                                     | 655               | 834    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 100%                                                                                                                                    | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte(T2) | risposta sbagliata | 107                                                                                                                                     | 120               | 227    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 61,5%                                                                                                                                   | 16,6%             | 25,3%  |
|                                                               |                                                                                                                                         | risposta corretta  | 67                                                                                                                                      | 602               | 669    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 38,5%                                                                                                                                   | 83,4%             | 74,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                  |                    | 174                                                                                                                                     | 722               | 896    |
|                                                               |                                                                                                                                         |                    | 100%                                                                                                                                    | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.31 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                           |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | risposta sbagliata                                                                                                                        | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte(T2) | risposta sbagliata | 390                                                                                                                                       | 118               | 508    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 73,3%                                                                                                                                     | 40,0%             | 61,4%  |
|                                                               |                                                                                                                                           | risposta corretta  | 142                                                                                                                                       | 177               | 319    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 26,7%                                                                                                                                     | 60,0%             | 38,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                    |                    | 532                                                                                                                                       | 295               | 827    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                                      | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte(T2) | risposta sbagliata | 439                                                                                                                                       | 184               | 623    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 80,7%                                                                                                                                     | 52,6%             | 69,7%  |
|                                                               |                                                                                                                                           | risposta corretta  | 105                                                                                                                                       | 166               | 271    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 19,3%                                                                                                                                     | 47,4%             | 30,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                    |                    | 544                                                                                                                                       | 350               | 894    |
|                                                               |                                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                                      | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.32 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                         |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                         |                    | risposta sbagliata                                                                                      | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici(T2) | risposta sbagliata | 317                                                                                                     | 158               | 475    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 72,4%                                                                                                   | 40,0%             | 57,0%  |
|                                                               |                                                                                                         | risposta corretta  | 121                                                                                                     | 237               | 358    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 27,6%                                                                                                   | 60,0%             | 43,0%  |
|                                                               | Totale                                                                                                  |                    | 438                                                                                                     | 395               | 833    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 100%                                                                                                    | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici(T2) | risposta sbagliata | 323                                                                                                     | 196               | 519    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 69,9%                                                                                                   | 44,2%             | 57,3%  |
|                                                               |                                                                                                         | risposta corretta  | 139                                                                                                     | 247               | 386    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 30,1%                                                                                                   | 55,8%             | 42,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                  |                    | 462                                                                                                     | 443               | 905    |
|                                                               |                                                                                                         |                    | 100%                                                                                                    | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.33 – Item “Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                           |                    | Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                           |                    | risposta sbagliata                                                                                                        | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi(T2) | risposta sbagliata | 199                                                                                                                       | 139               | 338    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 58,2%                                                                                                                     | 28,1%             | 40,4%  |
|                                                               |                                                                                                                           | risposta corretta  | 143                                                                                                                       | 355               | 498    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 41,8%                                                                                                                     | 71,9%             | 59,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                    |                    | 342                                                                                                                       | 494               | 836    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                      | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi(T2) | risposta sbagliata | 249                                                                                                                       | 130               | 379    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 66,2%                                                                                                                     | 24,8%             | 42,1%  |
|                                                               |                                                                                                                           | risposta corretta  | 127                                                                                                                       | 395               | 522    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 33,8%                                                                                                                     | 75,2%             | 57,9%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                    |                    | 376                                                                                                                       | 525               | 901    |
|                                                               |                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                      | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.34 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                                       |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                                    | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone(T2) | risposta sbagliata | 116                                                                                                                                                                                   | 120               | 236    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 46,6%                                                                                                                                                                                 | 20,6%             | 28,4%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       | risposta corretta  | 133                                                                                                                                                                                   | 462               | 595    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 53,4%                                                                                                                                                                                 | 79,4%             | 71,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                |                    | 249                                                                                                                                                                                   | 582               | 831    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 100%                                                                                                                                                                                  | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone(T2) | risposta sbagliata | 150                                                                                                                                                                                   | 134               | 284    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 54,5%                                                                                                                                                                                 | 21,6%             | 31,8%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       | risposta corretta  | 125                                                                                                                                                                                   | 485               | 610    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 45,5%                                                                                                                                                                                 | 78,4%             | 68,2%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                |                    | 275                                                                                                                                                                                   | 619               | 894    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                       |                    | 100%                                                                                                                                                                                  | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.35 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                        |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                        |                    | risposta sbagliata                                                                                                     | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza(T2) | risposta sbagliata | 434                                                                                                                    | 92                | 526    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 69,9%                                                                                                                  | 43,8%             | 63,3%  |
|                                                               |                                                                                                                        | risposta corretta  | 187                                                                                                                    | 118               | 305    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 30,1%                                                                                                                  | 56,2%             | 36,7%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                 |                    | 621                                                                                                                    | 210               | 831    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                                   | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza(T2) | risposta sbagliata | 506                                                                                                                    | 104               | 610    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 77,4%                                                                                                                  | 42,1%             | 67,7%  |
|                                                               |                                                                                                                        | risposta corretta  | 148                                                                                                                    | 143               | 291    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 22,6%                                                                                                                  | 57,9%             | 32,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                 |                    | 654                                                                                                                    | 247               | 901    |
|                                                               |                                                                                                                        |                    | 100%                                                                                                                   | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

Tabella 6.2.36 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                 |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                 |                    | risposta sbagliata                                                                              | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate(T2) | risposta sbagliata | 193                                                                                             | 162               | 355    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 58,8%                                                                                           | 32,2%             | 42,7%  |
|                                                               |                                                                                                 | risposta corretta  | 135                                                                                             | 341               | 476    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 41,2%                                                                                           | 67,8%             | 57,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                          |                    | 328                                                                                             | 503               | 831    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 100%                                                                                            | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate(T2) | risposta sbagliata | 225                                                                                             | 199               | 424    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 66,8%                                                                                           | 35,7%             | 47,4%  |
|                                                               |                                                                                                 | risposta corretta  | 112                                                                                             | 358               | 470    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 33,2%                                                                                           | 64,3%             | 52,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                          |                    | 337                                                                                             | 557               | 894    |
|                                                               |                                                                                                 |                    | 100%                                                                                            | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.37 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                                                                          |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                                                                       | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose(T2) | risposta sbagliata | 537                                                                                                                                                                                                                      | 93                | 630    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 83,3%                                                                                                                                                                                                                    | 51,1%             | 76,2%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          | risposta corretta  | 108                                                                                                                                                                                                                      | 89                | 197    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 16,7%                                                                                                                                                                                                                    | 48,9%             | 23,8%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                                   |                    | 645                                                                                                                                                                                                                      | 182               | 827    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 100%                                                                                                                                                                                                                     | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose(T2) | risposta sbagliata | 582                                                                                                                                                                                                                      | 114               | 696    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 84,7%                                                                                                                                                                                                                    | 55,1%             | 77,9%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          | risposta corretta  | 105                                                                                                                                                                                                                      | 93                | 198    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 15,3%                                                                                                                                                                                                                    | 44,9%             | 22,1%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                                   |                    | 687                                                                                                                                                                                                                      | 207               | 894    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                          |                    | 100%                                                                                                                                                                                                                     | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.38 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                         |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti(T1) |                   | Totale |      |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|------|
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                      | risposta corretta |        |      |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti(T2) | risposta sbagliata | 374                                                                                                                                                                     | 141               | 515    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    | 68,8%                                                                                                                                                                   | 50,0%             | 62,3%  |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         | risposta corretta  | 170                                                                                                                                                                     | 141               | 311    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    | 31,3%                                                                                                                                                                   | 50,0%             | 37,7%  |      |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                  |                    |                                                                                                                                                                         | 544               | 282    | 826  |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    |                                                                                                                                                                         | 100%              | 100%   | 100% |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti(T2) | risposta sbagliata | 448                                                                                                                                                                     | 132               | 580    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    | 77,1%                                                                                                                                                                   | 42,2%             | 64,9%  |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         | risposta corretta  | 133                                                                                                                                                                     | 181               | 314    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    | 22,9%                                                                                                                                                                   | 57,8%             | 35,1%  |      |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                  |                    |                                                                                                                                                                         | 581               | 313    | 894  |
|                                                               |                                                                                                                                                                         |                    |                                                                                                                                                                         | 100%              | 100%   | 100% |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.39 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                                                             |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                                                          | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria(T2) | risposta sbagliata | 310                                                                                                                                                                                                         | 160               | 470    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 68,7%                                                                                                                                                                                                       | 43,1%             | 57,2%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             | risposta corretta  | 141                                                                                                                                                                                                         | 211               | 352    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 31,3%                                                                                                                                                                                                       | 56,9%             | 42,8%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                      |                    | 451                                                                                                                                                                                                         | 371               | 822    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                                                                                                                        | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria(T2) | risposta sbagliata | 343                                                                                                                                                                                                         | 174               | 517    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 72,7%                                                                                                                                                                                                       | 40,9%             | 57,6%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             | risposta corretta  | 129                                                                                                                                                                                                         | 251               | 380    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 27,3%                                                                                                                                                                                                       | 59,1%             | 42,4%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                      |                    | 472                                                                                                                                                                                                         | 425               | 897    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                                                                                                                        | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.40 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                                                           |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                                                        | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide(T2) | risposta sbagliata | 376                                                                                                                                                                                                       | 130               | 506    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 70,5%                                                                                                                                                                                                     | 44,7%             | 61,4%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           | risposta corretta  | 157                                                                                                                                                                                                       | 161               | 318    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 29,5%                                                                                                                                                                                                     | 55,3%             | 38,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                    |                    | 533                                                                                                                                                                                                       | 291               | 824    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                                                                                                      | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide(T2) | risposta sbagliata | 426                                                                                                                                                                                                       | 146               | 572    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 74,0%                                                                                                                                                                                                     | 46,1%             | 64,1%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           | risposta corretta  | 150                                                                                                                                                                                                       | 171               | 321    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 26,0%                                                                                                                                                                                                     | 53,9%             | 35,9%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                                    |                    | 576                                                                                                                                                                                                       | 317               | 893    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                           |                    | 100%                                                                                                                                                                                                      | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

*Tabella 6.2.41 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                                                      |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                                                   | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni(T2) | risposta sbagliata | 481                                                                                                                                                                                                  | 93                | 574    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 74,6%                                                                                                                                                                                                | 50,5%             | 69,2%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      | risposta corretta  | 164                                                                                                                                                                                                  | 91                | 255    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 25,4%                                                                                                                                                                                                | 49,5%             | 30,8%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                               |                    | 645                                                                                                                                                                                                  | 184               | 829    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 100%                                                                                                                                                                                                 | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni(T2) | risposta sbagliata | 569                                                                                                                                                                                                  | 104               | 673    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 80,5%                                                                                                                                                                                                | 56,5%             | 75,5%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      | risposta corretta  | 138                                                                                                                                                                                                  | 80                | 218    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 19,5%                                                                                                                                                                                                | 43,5%             | 24,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                                                               |                    | 707                                                                                                                                                                                                  | 184               | 891    |
|                                                               |                                                                                                                                                                                                      |                    | 100%                                                                                                                                                                                                 | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: no

*Tabella 6.2.42 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                                     |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                                  | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle(T2) | risposta sbagliata | 472                                                                                                                                                                 | 129               | 601    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 80,1%                                                                                                                                                               | 57,1%             | 73,7%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                     | risposta corretta  | 117                                                                                                                                                                 | 97                | 214    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 19,9%                                                                                                                                                               | 42,9%             | 26,3%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                              |                    | 589                                                                                                                                                                 | 226               | 815    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                                                                                | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle(T2) | risposta sbagliata | 500                                                                                                                                                                 | 162               | 662    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 79,2%                                                                                                                                                               | 65,1%             | 75,2%  |
|                                                               |                                                                                                                                                                     | risposta corretta  | 131                                                                                                                                                                 | 87                | 218    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 20,8%                                                                                                                                                               | 34,9%             | 24,8%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                                                              |                    | 631                                                                                                                                                                 | 249               | 880    |
|                                                               |                                                                                                                                                                     |                    | 100%                                                                                                                                                                | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: *no*

Tabella 6.2.43 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                 |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | risposta sbagliata                                                                                                              | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie(T2) | risposta sbagliata | 262                                                                                                                             | 160               | 422    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 67,0%                                                                                                                           | 36,8%             | 51,1%  |
|                                                               |                                                                                                                                 | risposta corretta  | 129                                                                                                                             | 275               | 404    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 33,0%                                                                                                                           | 63,2%             | 48,9%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                          |                    | 391                                                                                                                             | 435               | 826    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 100%                                                                                                                            | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie(T2) | risposta sbagliata | 308                                                                                                                             | 175               | 483    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 71,1%                                                                                                                           | 38,6%             | 54,5%  |
|                                                               |                                                                                                                                 | risposta corretta  | 125                                                                                                                             | 278               | 403    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 28,9%                                                                                                                           | 61,4%             | 45,5%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                          |                    | 433                                                                                                                             | 453               | 886    |
|                                                               |                                                                                                                                 |                    | 100%                                                                                                                            | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.44 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola<br>al Gruppo Sperimentale/di<br>Controllo |                                                                                                               |                       | Emergenza<br>radiologica (azione<br>protettiva):<br>prescrizione di diete<br>ad alto contenuto di<br>vitamina C(T1) |                      | Totale |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------|
|                                                                     |                                                                                                               |                       | risposta<br>sbagliata                                                                                               | risposta<br>corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                                 | Emergenza radiologica (azione<br>protettiva): prescrizione di<br>diete ad alto contenuto di<br>vitamina C(T2) | risposta<br>sbagliata | 417                                                                                                                 | 111                  | 528    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 72,4%                                                                                                               | 44,4%                | 63,9%  |
|                                                                     |                                                                                                               | risposta<br>corretta  | 159                                                                                                                 | 139                  | 298    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 27,6%                                                                                                               | 55,6%                | 36,1%  |
|                                                                     | Totale                                                                                                        |                       | 576                                                                                                                 | 250                  | 826    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 100%                                                                                                                | 100%                 | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                                 | Emergenza radiologica (azione<br>protettiva): prescrizione di<br>diete ad alto contenuto di<br>vitamina C(T2) | risposta<br>sbagliata | 456                                                                                                                 | 144                  | 600    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 76,1%                                                                                                               | 49,1%                | 67,3%  |
|                                                                     |                                                                                                               | risposta<br>corretta  | 143                                                                                                                 | 149                  | 292    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 23,9%                                                                                                               | 50,9%                | 32,7%  |
|                                                                     | Totale                                                                                                        |                       | 599                                                                                                                 | 293                  | 892    |
|                                                                     |                                                                                                               |                       | 100%                                                                                                                | 100%                 | 100%   |

Risposta corretta: *no*

*Tabella 6.2.45 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte” a T1 e T2*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                                                      |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte(T1) |                   | Totale |      |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|------|
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    | risposta sbagliata                                                                                                                                   | risposta corretta |        |      |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte(T2) | risposta sbagliata | 148                                                                                                                                                  | 139               | 287    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    | 55,8%                                                                                                                                                | 24,6%             | 34,5%  |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      | risposta corretta  | 117                                                                                                                                                  | 427               | 544    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    | 44,2%                                                                                                                                                | 75,4%             | 65,5%  |      |
|                                                               | Totale                                                                                                                                               |                    |                                                                                                                                                      | 265               | 566    | 831  |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                                                                                      | 100%              | 100%   | 100% |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte(T2) | risposta sbagliata | 174                                                                                                                                                  | 177               | 351    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    | 61,1%                                                                                                                                                | 29,1%             | 39,3%  |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      | risposta corretta  | 111                                                                                                                                                  | 432               | 543    |      |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    | 38,9%                                                                                                                                                | 70,9%             | 60,7%  |      |
|                                                               | Totale                                                                                                                                               |                    |                                                                                                                                                      | 285               | 609    | 894  |
|                                                               |                                                                                                                                                      |                    |                                                                                                                                                      | 100%              | 100%   | 100% |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.46 – Item “Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                                                                                             |                    | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza(T1) |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                                                                                             |                    | risposta sbagliata                                                                                                          | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza(T2) | risposta sbagliata | 164                                                                                                                         | 150               | 314    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 63,1%                                                                                                                       | 26,3%             | 37,8%  |
|                                                               |                                                                                                                             | risposta corretta  | 96                                                                                                                          | 421               | 517    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 36,9%                                                                                                                       | 73,7%             | 62,2%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                      |                    | 260                                                                                                                         | 571               | 831    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                                        | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza(T2) | risposta sbagliata | 159                                                                                                                         | 193               | 352    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 62,6%                                                                                                                       | 30,2%             | 39,4%  |
|                                                               |                                                                                                                             | risposta corretta  | 95                                                                                                                          | 447               | 542    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 37,4%                                                                                                                       | 69,8%             | 60,6%  |
|                                                               | Totale                                                                                                                      |                    | 254                                                                                                                         | 640               | 894    |
|                                                               |                                                                                                                             |                    | 100%                                                                                                                        | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: sì

Tabella 6.2.47 – Item “Rischio principale legato all'uso di energia nucleare ” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                            |                    | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                            |                    | risposta sbagliata                                         | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare(T2): | risposta sbagliata | 486                                                        | 76                | 562    |
|                                                               |                                                            |                    | 82,0%                                                      | 51,7%             | 75,9%  |
|                                                               |                                                            | risposta corretta  | 107                                                        | 71                | 178    |
|                                                               |                                                            |                    | 18,0%                                                      | 48,3%             | 24,1%  |
|                                                               | Totale                                                     |                    | 593                                                        | 147               | 740    |
|                                                               |                                                            |                    | 100%                                                       | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare(T2): | risposta sbagliata | 581                                                        | 102               | 683    |
|                                                               |                                                            |                    | 88,2%                                                      | 55,1%             | 80,9%  |
|                                                               |                                                            | risposta corretta  | 78                                                         | 83                | 161    |
|                                                               |                                                            |                    | 11,8%                                                      | 44,9%             | 19,1%  |
|                                                               | Totale                                                     |                    | 659                                                        | 185               | 844    |
|                                                               |                                                            |                    | 100%                                                       | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: conseguenze di un possibile grave incidente

Tabella 6.2.48 – Item “Definizione di reattore nucleare” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                       |                    | Definizione di reattore nucleare(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                       |                    | risposta sbagliata                    | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Definizione di reattore nucleare(T2): | risposta sbagliata | 82                                    | 74                | 156    |
|                                                               |                                       |                    | 44,8%                                 | 11,6%             | 19,0%  |
|                                                               |                                       | risposta corretta  | 101                                   | 564               | 665    |
|                                                               |                                       |                    | 55,2%                                 | 88,4%             | 81,0%  |
|                                                               | Totale                                |                    | 183                                   | 638               | 821    |
|                                                               |                                       |                    | 100%                                  | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Definizione di reattore nucleare(T2): | risposta sbagliata | 115                                   | 107               | 222    |
|                                                               |                                       |                    | 58,7%                                 | 15,1%             | 24,6%  |
|                                                               |                                       | risposta corretta  | 81                                    | 601               | 682    |
|                                                               |                                       |                    | 41,3%                                 | 84,9%             | 75,4%  |
|                                                               | Totale                                |                    | 196                                   | 708               | 904    |
|                                                               |                                       |                    | 100%                                  | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: *struttura in cui avviene la reazione di fissione con generazione di calore*

Tabella 6.2.49 – Item “Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare” a T1 e T2

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                                            |                    | Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare(T1): |                   | Totale |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
|                                                               |                                                            |                    | risposta sbagliata                                         | risposta corretta |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare(T2): | risposta sbagliata | 225                                                        | 149               | 374    |
|                                                               |                                                            |                    | 58,6%                                                      | 35,2%             | 46,3%  |
|                                                               |                                                            | risposta corretta  | 159                                                        | 274               | 433    |
|                                                               |                                                            |                    | 41,4%                                                      | 64,8%             | 53,7%  |
|                                                               | Totale                                                     |                    | 384                                                        | 423               | 807    |
|                                                               |                                                            |                    | 100%                                                       | 100%              | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare(T2): | risposta sbagliata | 305                                                        | 178               | 483    |
|                                                               |                                                            |                    | 66,9%                                                      | 41,5%             | 54,6%  |
|                                                               |                                                            | risposta corretta  | 151                                                        | 251               | 402    |
|                                                               |                                                            |                    | 33,1%                                                      | 58,5%             | 45,4%  |
|                                                               | Totale                                                     |                    | 456                                                        | 429               | 885    |
|                                                               |                                                            |                    | 100%                                                       | 100%              | 100%   |

Risposta corretta: accumulo di radioattività ed energia nel reattore

Per una lettura più chiara dei casi di cambiamento e di stabilità si riportano nei paragrafi successivi le tabelle panoramiche che espongono le percentuali dei 49 item, nell’ottica di confronto tra i due gruppi. In particolare, così come concettualizzato nel capitolo 4, si distinguono le principali dimensioni del cambiamento, ossia il *miglioramento*, visto come passaggio dalle risposte sbagliate a quelle corrette, e il *peggioramento*, inteso come spostamento dalle risposte corrette a quelle sbagliate. Saranno esplorati anche i casi di *stabilità*, altra modalità di studiare il cambiamento, distinta nelle due forme di omogeneità sulle risposte corrette e omogeneità sulle risposte sbagliate. Le celle evidenziate in rosso esibiscono le percentuali più elevate, di volta in volta, di miglioramento, peggioramento o stabilità, quelle in blu gli scarti più marcati tra il GS e il GC, quelle in verde e in arancio riportano i valori coerenti con le aspettative legate alle ipotesi di ricerca, ossia quando le percentuali di miglioramento, di peggioramento, di stabilità verso la risposta corretta o di stabilità verso la risposta sbagliata sono maggiori nel gruppo in cui ci si aspetta debbano esserlo a seguito di un intervento formativo che ha riguardato il solo GS.

### *6.2.1 L'analisi del miglioramento cognitivo*

Nel presente paragrafo si riporta il prospetto che espone per ogni item del test di competenza la percentuale dei casi che migliorano le proprie conoscenze separatamente per GS e GC:

Tabella 6.2.50 – Casi di cambiamento in ottica di miglioramento. Confronto tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo

| Item                                                                                                                                            | GS    | GC    | Scarto |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|
| La radioattività è un fenomeno per cui                                                                                                          | 57,9% | 47,1% | 10,8%  |
| Le radiazioni ionizzanti                                                                                                                        | 30,9% | 26,6% | 4,3%   |
| Le radiazioni non ionizzanti                                                                                                                    | 35,8% | 28,2% | 7,6%   |
| Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                         | 25,7% | 19,8% | 6,0%   |
| Emissione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                           | 51,0% | 40,3% | 10,7%  |
| Origine delle sostanze radioattive                                                                                                              | 50,0% | 36,0% | 14,0%  |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                                                       | 33,1% | 26,9% | 6,2%   |
| Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                                             | 46,9% | 26,0% | 20,9%  |
| Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni                                                                           | 21,6% | 17,9% | 3,7%   |
| Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi                                                                                      | 48,9% | 41,9% | 6,9%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici                                                                | 28,5% | 31,0% | -2,6%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antenisti                                                                          | 20,4% | 18,2% | 2,2%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                                              | 57,4% | 46,9% | 10,6%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari                                                       | 73,0% | 57,3% | 15,7%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche                                                 | 31,7% | 31,5% | 0,2%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                                                     | 50,6% | 42,9% | 7,7%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici                                         | 21,3% | 24,8% | -3,4%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone                                      | 35,8% | 30,2% | 5,6%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico                            | 47,8% | 27,4% | 20,5%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali                                    | 8,3%  | 6,7%  | 1,6%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                                                   | 16,4% | 9,1%  | 7,2%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità                                              | 41,7% | 35,2% | 6,4%   |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze                                                                    | 45,6% | 24,7% | 20,9%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana                                                                  | 55,8% | 46,2% | 9,6%   |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare                                                                             | 33,5% | 16,7% | 16,8%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive                              | 13,0% | 13,8% | -0,8%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità | 50,2% | 42,7% | 7,5%   |

|                                                                                                                                                                                                                      |       |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                    | 60,6% | 44,7% | 15,9% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma                                                                               | 23,8% | 17,9% | 5,9%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte                                                                                  | 49,2% | 38,5% | 10,7% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte                                                                                | 26,7% | 19,3% | 7,4%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici                                                                                                                  | 27,6% | 30,1% | -2,5% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi                                                                                                | 41,8% | 33,8% | 8,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 53,4% | 45,5% | 8,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza                                                                                                   | 30,1% | 22,6% | 7,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 41,2% | 33,2% | 7,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 16,7% | 15,3% | 1,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 31,3% | 22,9% | 8,4%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 31,3% | 27,3% | 3,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 29,5% | 26,0% | 3,4%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 25,4% | 19,5% | 5,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo Totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 19,9% | 20,8% | -0,9% |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                          | 33,0% | 28,9% | 4,1%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 27,6% | 23,9% | 3,7%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                     | 44,2% | 38,9% | 5,2%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                              | 36,9% | 37,4% | -0,5% |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                                                                                                                | 18,0% | 11,8% | 6,2%  |
| Definizione di reattore nucleare                                                                                                                                                                                     | 55,2% | 41,3% | 13,9% |
| Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare                                                                                                                                                                | 41,4% | 33,1% | 8,3%  |

Dalla tabella emerge che i casi che registrano un mutamento nella direzione di una progressione presentano percentuali molto variabili che vanno da un minimo del 6,7% fino ad un massimo del 73%. Tale eterogeneità può dipendere da numerosi fattori tra i quali il differente grado di complessità di ciascun item, il diverso grado di interesse suscitato da ognuno di essi, in più, per il GS, lo spazio dedicato all'approfondimento di ciascun argomento nonché le modalità di trattarlo durante l'intervento formativo. Il miglioramento per entrambi i gruppi (celle in rosso) riguarda domande relative ai tecnici di impianti nucleari e ai tecnici radiologi in ambito sanitario come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti, al ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi e al seguire una dieta vegetariana come comportamenti di protezione dalla radioattività, e alla definizione di reattore nucleare. Si tratta in altri termini di questioni sulle quali nella prima rilevazione i soggetti hanno sbagliato o non sapevano rispondere e che nella seconda rilevazione hanno fornito una risposta corretta. Confrontando le percentuali tra GS e GC si nota che i miglioramenti più vistosi sono ascritti al primo gruppo<sup>22</sup>. Dei 49 item considerati ben 43 segnano questa superiorità (celle in verde), mentre in 6 domande si inverte la tendenza; tuttavia si tratta di una differenza esigua che non supera mai il 3,4% di scarto. Il maggior avanzamento dei ragazzi del GS può essere imputato anche, e soprattutto, alla lezione formativa impartita loro dai tecnici dell'ISPRA. Ad avvalorare tale tesi contribuiscono le domande per le quali si è registrato lo scarto maggiore (celle in blu) tra i due gruppi, relative agli effetti sulle radiazioni ionizzanti (20,9%), all'arieggiare spesso le stanze (20,9%) e allo smettere di fumare (16,8%) come comportamenti di protezione, agli abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (20,5%), temi affrontati durante l'intervento nelle scuole e che hanno suscitato maggiore interesse e curiosità da parte degli studenti, probabilmente perché connessi ai concreti aspetti della vita quotidiana. Tali argomenti inoltre hanno permesso un migliore apprendimento e capacità di memorizzare l'informazione ricevuta.

### 6.2.2 L'analisi del peggioramento cognitivo

Si riportano di seguito le percentuali di cambiamento come *peggioramento delle conoscenze* in tema di radiazioni distinte per GS e GC per i 49 item del test di competenza:

---

<sup>22</sup> Si potrebbe obiettare asserendo una iniziale non equivalenza dei due gruppi, in base alla quale il gruppo sperimentale era in partenza più ferrato sul tema, che è stata mantenuta nella seconda rilevazione. In appendice si riportano le tabelle delle distribuzioni di frequenza dei 49 item del test di competenza al pretest che dimostrano un sostanziale *equilibrio nel livello di competenza di partenza dei due gruppi* (Tabb. A1-A49).

Tabella 6.2.51 - Casi di cambiamento in ottica di peggioramento. Confronto tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo

| Item                                                                                                                                            | GS    | GC    | Scarto |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|
| La radioattività è un fenomeno per cui                                                                                                          | 15,5% | 21,9% | -6,4%  |
| Le radiazioni ionizzanti                                                                                                                        | 51,9% | 50,2% | 1,8%   |
| Le radiazioni non ionizzanti                                                                                                                    | 43,7% | 51,2% | -7,6%  |
| Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                         | 65,6% | 54,9% | 10,7%  |
| Emissione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                           | 31,1% | 33,4% | -2,3%  |
| Origine delle sostanze radioattive                                                                                                              | 21,2% | 27,8% | -6,6%  |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                                                       | 36,2% | 41,5% | -5,3%  |
| Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                                             | 24,6% | 37,0% | -12,5% |
| Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni                                                                           | 62,4% | 62,7% | -0,3%  |
| Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi                                                                                      | 15,3% | 17,7% | -2,5%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici                                                                | 44,8% | 38,0% | 6,8%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti                                                                         | 49,5% | 52,9% | -3,4%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                                              | 20,0% | 21,6% | -1,6%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari                                                       | 8,6%  | 11,1% | -2,4%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche                                                 | 33,5% | 31,9% | 1,5%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                                                     | 18,1% | 19,6% | -1,4%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici                                         | 51,2% | 43,1% | 8,2%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone                                      | 40,8% | 35,8% | 5,0%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico                            | 27,6% | 34,1% | -6,5%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali                                    | 77,4% | 72,6% | 4,8%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                                                   | 63,3% | 59,3% | 3,9%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità                                              | 31,5% | 33,5% | -2,0%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze                                                                    | 28,9% | 33,8% | -4,9%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana                                                                  | 16,3% | 22,6% | -6,2%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare                                                                             | 37,9% | 43,2% | -5,2%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive                              | 65,5% | 56,9% | 8,6%   |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità | 20,3% | 21,8% | -1,5%  |

|                                                                                                                                                                                                                      |       |       |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                    | 13,1% | 17,0% | -3,9%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma                                                                               | 47,1% | 42,4% | 4,7%   |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte                                                                                  | 16,2% | 16,6% | -0,4%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte                                                                                | 40,0% | 52,6% | -12,6% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici                                                                                                                  | 40,0% | 44,2% | -4,2%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi                                                                                                | 28,1% | 24,8% | 3,4%   |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 20,6% | 21,6% | -1,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza                                                                                                   | 43,8% | 42,1% | 1,7%   |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 32,2% | 35,7% | -3,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 51,1% | 55,1% | -4,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 50,0% | 42,2% | 7,8%   |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 43,1% | 40,9% | 2,2%   |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 44,7% | 46,1% | -1,4%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 50,5% | 56,5% | -6,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo Totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 57,1% | 65,1% | -8,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                          | 36,8% | 38,6% | -1,8%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 44,4% | 49,1% | -4,7%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                     | 24,6% | 29,1% | -4,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                              | 26,3% | 30,2% | -3,9%  |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                                                                                                                | 51,7% | 55,1% | -3,4%  |
| Definizione di reattore nucleare                                                                                                                                                                                     | 11,6% | 15,1% | -3,5%  |
| Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare                                                                                                                                                                | 35,2% | 41,5% | -6,3%  |

I casi in cui si presenta uno spostamento dalle risposte corrette a quelle sbagliate possono definirsi di *peggioramento*. Si tratta di percentuali più basse rispetto a quelle relative ai miglioramenti. In particolare, le domande che presentano i valori più marcati di insuccesso (celle in rosso) sono: la definizione di radiazioni ionizzanti, il principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni, i piloti di voli intercontinentali come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti, l'utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle come azione protettiva in caso di emergenza radiologica. Questa regressione può dipendere da diversi fattori tra i quali si menziona il tema della radioattività, di non diretto accesso e fruizione, lontano sia dai programmi ministeriali, sia dalla vita quotidiana dei ragazzi; altra motivazione potrebbe essere rappresentata dalle modalità con cui l'esperienza di ricerca è strutturata. Per quanto concerne le differenze tra GS e GC, si individuano gli item sui quali risultano più marcate (celle in blu): assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte quale comportamento di protezione dalla radioattività (-12,6%) e gli effetti delle radiazioni ionizzanti (-12,5%) sono item in cui il GC peggiora più del GS, mentre la definizione delle radiazioni ionizzanti (10,7%) segna una regressione più marcata per il GS. In generale il peggioramento si mostra più evidente nel GC in 34 su 49 domande (celle in verde).

### 6.2.3 L'analisi della stabilità cognitiva

Si può studiare il cambiamento anche attraverso il suo contrario, ossia la *stabilità*. La tabella di seguito esposta esibisce i *profili omogenei*, ossia i casi in cui non si assiste ad un mutamento cognitivo tra le due rilevazioni.

Nello specifico, tale congruenza si declina come *stabilità sulle risposte corrette*, in cui si conferma di possedere una elevata conoscenza, e come *stabilità sulle risposte sbagliate*, in cui si mantiene nel tempo una scarsa comprensione del fenomeno. Si riportano le percentuali separatamente per GS e GC:

Tabella 6.2.52 Casi di stabilità sulle risposte corrette e sulle risposte sbagliate. Confronto tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo

| Item                                                                                                                 | GS    | GC    | Scarto | GS    | GC    | Scarto |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| La radioattività è un fenomeno per cui                                                                               | 84,5% | 78,1% | 6,4%   | 42,1% | 52,9% | -10,8% |
| Le radiazioni ionizzanti                                                                                             | 48,1% | 49,8% | -1,8%  | 69,1% | 73,4% | -4,3%  |
| Le radiazioni non ionizzanti                                                                                         | 56,3% | 48,8% | 7,6%   | 64,2% | 71,8% | -7,6%  |
| Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                              | 34,4% | 45,1% | -10,7% | 74,3% | 80,2% | -6,0%  |
| Emissione delle radiazioni ionizzanti                                                                                | 68,9% | 66,6% | 2,3%   | 49,0% | 59,7% | -10,7% |
| Origine delle sostanze radioattive                                                                                   | 78,8% | 72,2% | 6,6%   | 50,0% | 64,0% | -14,0% |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                            | 63,8% | 58,5% | 5,3%   | 66,9% | 73,1% | -6,2%  |
| Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                  | 75,4% | 63,0% | 12,5%  | 53,1% | 74,0% | -20,9% |
| Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni                                                | 37,6% | 37,3% | 0,3%   | 78,4% | 82,1% | -3,7%  |
| Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi                                                           | 84,7% | 82,3% | 2,5%   | 51,1% | 58,1% | -6,9%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici                                     | 55,2% | 62,0% | -6,8%  | 71,5% | 69,0% | 2,6%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti                                              | 50,5% | 47,1% | 3,4%   | 79,6% | 81,8% | -2,2%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                   | 80,0% | 78,4% | 1,6%   | 42,6% | 53,1% | -10,6% |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari                            | 91,4% | 88,9% | 2,4%   | 27,0% | 42,7% | -15,7% |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche                      | 66,5% | 68,1% | -1,5%  | 68,3% | 68,5% | -0,2%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                          | 81,9% | 80,4% | 1,4%   | 49,4% | 57,1% | -7,7%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici              | 48,8% | 56,9% | -8,2%  | 78,7% | 75,2% | 3,4%   |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone           | 59,2% | 64,2% | -5,0%  | 64,2% | 69,8% | -5,6%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico | 72,4% | 65,9% | 6,5%   | 52,2% | 72,6% | -20,5% |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali         | 22,6% | 27,4% | -4,8%  | 91,7% | 93,3% | -1,6%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                        | 36,7% | 40,7% | -3,9%  | 83,6% | 90,9% | -7,2%  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità                   | 68,5% | 66,5% | 2,0%   | 58,3% | 64,8% | -6,4%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze                                         | 71,1% | 66,2% | 4,9%   | 54,4% | 75,3% | -20,9% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana                                       | 83,7% | 77,4% | 6,2%   | 44,2% | 53,8% | -9,6%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare                                                  | 62,1% | 56,8% | 5,2%   | 66,5% | 83,3% | -16,8% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: al mare esporsi ai raggi solari con gradualità e creme protettive   | 34,5% | 43,1% | -8,6%  | 87,0% | 86,2% | 0,8%   |

|                                                                                                                                                                                                                      |       |       |       |       |       |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità                                                                      | 79,7% | 78,2% | 1,5%  | 49,8% | 57,3% | -7,5%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                    | 86,9% | 83,0% | 3,9%  | 39,4% | 55,3% | -15,9% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: affondare le scorie radioattive a non meno di 70 miglia di distanza dalla terra ferma                                                                               | 52,9% | 57,6% | -4,7% | 76,2% | 82,1% | -5,9%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte                                                                                  | 83,8% | 83,4% | 0,4%  | 50,8% | 61,5% | -10,7% |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte                                                                                | 60,0% | 47,4% | 12,6% | 73,3% | 80,7% | -7,4%  |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici                                                                                                                  | 60,0% | 55,8% | 4,2%  | 72,4% | 69,9% | 2,5%   |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: lavarsi accuratamente nel caso di contatto con materiali radioattivi                                                                                                | 71,9% | 75,2% | -3,4% | 58,2% | 66,2% | -8,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 79,4% | 78,4% | 1,0%  | 46,6% | 54,5% | -8,0%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza                                                                                                   | 56,2% | 57,9% | -1,7% | 69,9% | 77,4% | -7,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 67,8% | 64,3% | 3,5%  | 58,8% | 66,8% | -7,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 48,9% | 44,9% | 4,0%  | 83,3% | 84,7% | -1,5%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 50,0% | 57,8% | -7,8% | 68,8% | 77,1% | -8,4%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 56,9% | 59,1% | -2,2% | 68,7% | 72,7% | -3,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 55,3% | 53,9% | 1,4%  | 70,5% | 74,0% | -3,4%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 49,5% | 43,5% | 6,0%  | 74,6% | 80,5% | -5,9%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo Totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 42,9% | 34,9% | 8,0%  | 80,1% | 79,2% | 0,9%   |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                          | 63,2% | 61,4% | 1,8%  | 67,0% | 71,1% | -4,1%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 55,6% | 50,9% | 4,7%  | 72,4% | 76,1% | -3,7%  |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive                                                                                                                   | 75,4% | 70,9% | 4,5%  | 55,8% | 61,1% | -5,2%  |

|                                                                                                                         |       |       |      |       |       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| eventualmente depositate su superfici esposte                                                                           |       |       |      |       |       |        |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza | 73,7% | 69,8% | 3,9% | 63,1% | 62,6% | 0,5%   |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                   | 48,3% | 44,9% | 3,4% | 82,0% | 88,2% | -6,2%  |
| Definizione di reattore nucleare                                                                                        | 88,4% | 84,9% | 3,5% | 44,8% | 58,7% | -13,9% |
| Principali fonti di pericolo di una centrale nucleare                                                                   | 64,8% | 58,5% | 6,3% | 58,6% | 66,9% | -8,3%  |

Relativamente alla *prima forma di stabilità*, le percentuali sono molto elevate (celle in rosso) e superano in entrambi i gruppi il 77% dei casi nei seguenti quesiti: la radioattività è un fenomeno per cui, l'importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi, i tecnici di impianti nucleari e i pazienti in cura radioterapica come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti, il seguire una dieta vegetariana, il ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi, l'indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte quali comportamenti di protezione dalla radioattività, la definizione di reattore nucleare. Si potrebbe ipotizzare che tali quesiti riguardino aspetti più semplici e raggiungibili con il ragionamento o concetti già conosciuti che vengono confermati in occasione della seconda rilevazione. Tale coerenza di risposte caratterizza in misura più forte il GS in 35 item su 49 (celle in arancio). In altri termini, *è maggiore nel GS rispetto al GC la percentuale di coloro che avendo al T1 una conoscenza corretta di alcuni aspetti della radioattività tendono a confermarla al T2* (celle in blu). In tali quesiti si può leggere *la funzione svolta dall'intervento formativo di approfondimento e chiarimento*. Si tratta della questione di assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte come comportamento di protezione dalla radioattività (12,6%) e degli effetti delle radiazioni ionizzanti (12,5%). In tre quesiti si riscontra una tendenza opposta in cui è il GC ad avere percentuali più elevate nel confermare una risposta corretta, benché si tratti di valori più bassi rispetto alle due precedenti domande: la definizione delle radiazioni ionizzanti (-10,7%), l'esposizione ai raggi solari con gradualità e creme protettive come comportamento di protezione dalla radioattività (-8,6%) e i pazienti sottoposti a controlli ecografici quali soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (-8,2%).

I casi di *stabilità sulle risposte sbagliate* rappresentano coloro che rispondendo in maniera errata al pretest continuano a mantenere tale direzione al postest. I quesiti che maggiormente perpetuano l'insuccesso dei ragazzi risultando particolarmente ostici (celle in rosso) registrano percentuali che superano l'82%. In particolare: i lavoratori presso stabilimenti per cure termali e i piloti di voli intercontinentali come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti, l'esposizione ai raggi solari con gradualità e creme protettive come comportamento di protezione dalla radioattività, il controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza come azione protettiva durante un'emergenza radiologica e il rischio principale legato all'uso di energia nucleare. Confrontando i risultati tra i due gruppi, emerge che *quasi sempre, in 43 su 49 item, si assiste ad una immobilità sulle risposte sbagliate del GC rispetto al GS* (celle in verde e in blu). Le differenze più marcate tra i due gruppi (celle in blu) superano il 20%. In particolare si tratta degli effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti (-20,9%), dell'arieggiare spesso le stanze come comportamento di protezione dalla radioattività (-20,9%) e

degli abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (-20,5%). Nelle altre 6 domande si riscontra una tendenza opposta, seppur con percentuali di scarto davvero contenute che non superano il 3,4%.

### 6.3 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso indici sintetici

L'ultima fase del modello procedurale (paragrafo 4.1) riguarda la *costruzione di indici* che sintetizzano in un'unica variabile tutte le informazioni elementari – gli indicatori – ottenute a seguito delle operazioni svolte nel corso delle fasi precedenti. Come già espresso nel paragrafo 5.2, esistono molteplici modalità che conducono alla sintesi delle informazioni precedenti. Sono stati costruiti 9 indici che verranno illustrati nei paragrafi che seguono che daranno conto con diversa capacità informativa del cambiamento cognitivo separatamente per GS e GC:

- un indice di cambiamento cognitivo per somma;
- un indice sintetico a T1 e a T2;
- un indice di cograduazione cognitiva di Spearman;
- un indice di cambiamento cognitivo per differenza;
- un indice di cambiamento cognitivo temporale;
- tre indici di miglioramento cognitivo;
- un indice tipologico di cambiamento cognitivo.

#### 6.3.1 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice sintetico per somma

Si è proceduto innanzitutto alla costruzione di un *indice additivo*. I risultati a livello disaggregato analizzati nel paragrafo 6.2 possono essere maggiormente leggibili in un indice sintetico ottenuto dalla somma dei punteggi conseguiti da ciascun intervistato sui 49 item del test di competenza<sup>23</sup>. Si tratta di una codifica a posteriori della terza fase di AMD che opera una trasformazione delle variabili ma che non modificano la struttura del carattere originario. Attraverso tale operazione si ottiene per ciascuna rilevazione un *continuum* in cui si posizionano i soggetti in base al *totale* di

---

<sup>23</sup> Si riportano in Appendice gli indici sintetici per il GS e il GC calcolati per la prima e la seconda rilevazione ottenuti dalla somma algebrica dei 49 item del test di competenza dicotomizzati in risposta giusta (punteggio=1) e risposta sbagliata (punteggio=0) (Tabb. A50-A51).

risposte corrette. Essendo 49 domande, il massimo teorico raggiungibile è 49, mentre il minimo è 0 nel caso in cui i soggetti abbiano dato in tutti gli item una risposta sbagliata. A livello empirico al T1 si è ottenuto un *range* che va da 0 a 39 per il GS e da 0 a 40 per il GC, mentre al T2 il limite massimo coincide con il punteggio di 42 per il GS e di 41 per il GC. Tale indice additivo è stato dicotomizzato per agevolare la lettura e l'interpretazione: nella prima categoria si collocano coloro che hanno dato fino a 23 risposte corrette, mentre nella seconda coloro che hanno risposto correttamente fino a 40 (nel pretest) e 42 domande (nel Posttest). Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati di tale sintesi per ciascun sottocampione:

*Tabella 6.3.1 – Indici sintetici del test di competenza a T1 e T2 per il Gruppo Sperimentale*

| <i>Pretest</i>               | <i>Gruppo Sperimentale</i> |       |
|------------------------------|----------------------------|-------|
| Fino a 23 risposte corrette  | 438                        | 51,8% |
| Da 24 a 39 risposte corrette | 407                        | 48,2% |
| Totale                       | 845                        | 100%  |
| <i>Posttest</i>              |                            |       |
| Fino a 23 risposte corrette  | 372                        | 44,0% |
| Da 24 a 42 risposte corrette | 473                        | 56,0% |
| Totale                       | 845                        | 100%  |

*Tabella 6.3.2 – Indici sintetici del test di competenza a T1 e T2 per il Gruppo di Controllo*

| <i>Pretest</i>               | <i>Gruppo di Controllo</i> |       |
|------------------------------|----------------------------|-------|
| Fino a 23 risposte corrette  | 501                        | 54,9% |
| Da 24 a 40 risposte corrette | 411                        | 45,1% |
| Totale                       | 912                        | 100%  |
| <i>Posttest</i>              |                            |       |
| Fino a 23 risposte corrette  | 535                        | 58,7% |
| Da 24 a 41 risposte corrette | 377                        | 41,3% |
| Totale                       | 912                        | 100%  |

Il 51,8% dei ragazzi del GS che fornisce a T1 fino a 23 risposte corrette diminuisce a T2 al 44%, mostrando un saldo negativo del 7,8% (66 casi), mentre nel GC tale percentuale aumenta passando da 54,9% a 58,7% (34 casi). Il contrario accade per coloro che assegnano un numero più alto di risposte esatte: il 48,2% del GS dà tra le 24 e le 40 risposte giuste al pretest, ma alla seconda rilevazione tale percentuale si alza al 56%; il GC registra un calo del 3,8% nella percentuale di coloro che azzeccano più risposte. *Il miglioramento più evidente attribuito al GS viene spiegato dalla presenza del fattore intervento formativo in grado di innescare nei ragazzi una*

*molla che attiva il cambiamento nella direzione dell'incremento delle conoscenze in tema di radioattività.*

Si è poi proceduto ad incrociare i risultati nelle due rilevazioni suddividendo il campione in GS e GC in modo da controllare per ciascun sottocampione la percentuale di coloro che cambiano registrando un miglioramento o un peggioramento e coloro che sono stabili sulle risposte giuste o sulle risposte sbagliate:

*Tabella 6.3.3 – Indice di cambiamento cognitivo per somma*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                                     |                              | Indice additivo test competenza(T1) |                              | Totale |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|
|                                                               |                                     |                              | fino a 23 risposte corrette         | Da 24 a 40 risposte corrette |        |
| Gruppo Sperimentale                                           | Indice additivo test competenza(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 285                                 | 87                           | 372    |
|                                                               |                                     |                              | 65,1%                               | 21,4%                        | 44,0%  |
|                                                               |                                     | da 24 a 42 risposte corrette | 153                                 | 320                          | 473    |
|                                                               |                                     |                              | 34,9%                               | 78,6%                        | 56,0%  |
|                                                               | Totale                              |                              | 438                                 | 407                          | 845    |
|                                                               |                                     |                              | 100%                                | 100%                         | 100%   |
| Gruppo di Controllo                                           | Indice additivo test competenza(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 405                                 | 130                          | 535    |
|                                                               |                                     |                              | 80,8%                               | 31,6%                        | 58,7%  |
|                                                               |                                     | da 24 a 42 risposte corrette | 96                                  | 281                          | 377    |
|                                                               |                                     |                              | 19,2%                               | 68,4%                        | 41,3%  |
|                                                               | Totale                              |                              | 501                                 | 411                          | 912    |
|                                                               |                                     |                              | 100%                                | 100%                         | 100%   |

Per ciascun gruppo, le diagonali secondarie illustrano i casi che nel test di competenza complessivamente considerato, esibiscono un cambiamento come miglioramento (celle in verde) e come peggioramento (celle in rosso), mentre nelle diagonali principali (celle in giallo) si presentano i valori relativi alla stabilità di chi continua a rispondere correttamente fino a 23 domande e di chi si mantiene ad un livello più alto, fino a 42.

Attraverso il confronto di percentuali tra i due gruppi è possibile constatare quale è il sottocampione che ha ottenuto cambiamenti più marcati e in particolare quegli spostamenti nella direzione di un maggior successo. *Il 34,9% del GS ha registrato un miglioramento rispetto al 19,2% del GC*, mentre, quasi specularmente, il contrario si verifica nel passaggio dalle risposte corrette a quelle sbagliate, ossia il 31,6% del GC contro il 21,4% del GS. I casi che si mantengono stabili fino a

23 risposte corrette sono maggiori per il GC (l'80,8% del GC contro il 65,1% del GS), mentre il GS conserva valori percentuali più elevati con un maggior numero di risposte corrette (il 78,6% del GS contro il 68,4% del GC).

### 6.3.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso gli indici sintetici a T1 e a T2

Un altro modo per analizzare il cambiamento cognitivo in ottica comparativa tra GS e GC si basa sull'utilizzo degli *indici per somma del test di competenza al pretest e al posttest* per ciascun gruppo, ricodificati in due categorie con una dicotomizzazione diversa rispetto a quella precedente in cui si era cercato di dare la priorità al criterio statistico di bilanciamento delle frequenze all'interno di ciascuna classe. In questo caso si considera rilevante il *criterio semantico* di formazione di due classi che potessero distinguere coloro che vengono considerati meno competenti e coloro che vengono definiti più competenti in tema di radiazioni. Per tale motivo nella prima si collocano coloro che hanno dato fino a 18 risposte corrette, mentre nella seconda coloro che hanno risposto correttamente nel pretest fino a 39 per il GS e fino a 40 per il GC e nel posttest a 42 domande esatte per il GS e 41 per il GC. Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati di tale ricodifica per ciascun sottocampione:

*Tabella 6.3.4 – Indici sintetici del test di competenza a T1 e T2 per il Gruppo Sperimentale*

| <i>Pretest</i>               | <i>Gruppo Sperimentale</i> |       |
|------------------------------|----------------------------|-------|
| Fino a 18 risposte corrette  | 217                        | 25,7% |
| Da 19 a 39 risposte corrette | 628                        | 74,3% |
| Totale                       | 845                        | 100%  |
| <i>Posttest</i>              |                            |       |
| Fino a 18 risposte corrette  | 173                        | 20,5% |
| Da 19 a 42 risposte corrette | 672                        | 79,5% |
| Totale                       | 845                        | 100%  |

*Tabella 6.3.5 – Indici sintetici del test di competenza a T1 e T2 per il Gruppo di Controllo*

| <i>Pretest</i>               | <i>Gruppo di Controllo</i> |       |
|------------------------------|----------------------------|-------|
| Fino a 18 risposte corrette  | 219                        | 24,0% |
| Da 19 a 40 risposte corrette | 693                        | 76,0% |
| Totale                       | 912                        | 100%  |
| <i>Posttest</i>              |                            |       |
| Fino a 18 risposte corrette  | 256                        | 28,1% |
| Da 19 a 41 risposte corrette | 656                        | 71,9% |
| Totale                       | 912                        | 100%  |

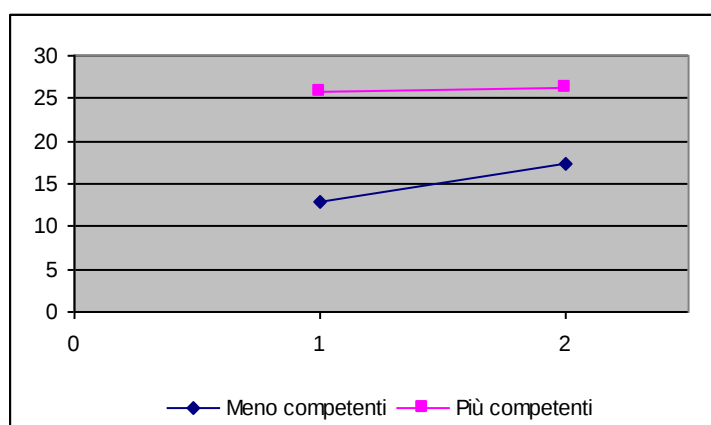
A questo punto si richiede tra le statistiche descrittive il calcolo della media per ciascun sottogruppo del GS e del GC in modo da valutare il punteggio medio delle classi dei più competenti e dei meno competenti ed *esplorare il cambiamento medio tra le due rilevazioni*. Si espongono nella tabella sottostante i risultati:

*Tabella 6.3.6 – Punteggi medi al test di competenza per Gruppo Sperimentale e Gruppo di Controllo a T1 e T2*

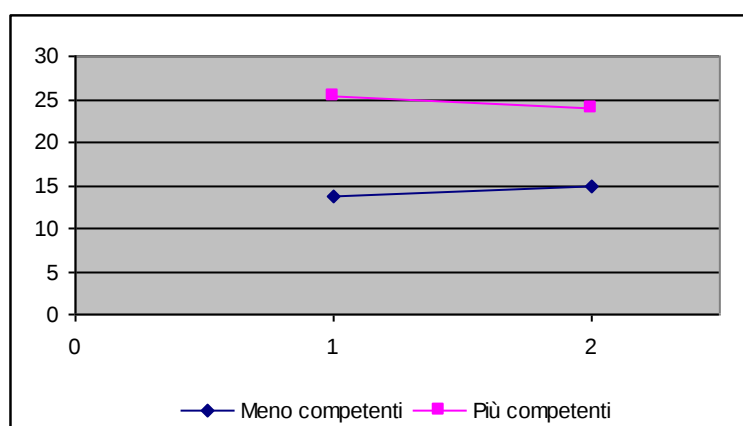
|                         | Gruppo Sperimentale |                | Gruppo di Controllo |                |
|-------------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
|                         | Meno competenti     | Più competenti | Meno competenti     | Più competenti |
| <i>Pretest</i>          | 12,88               | 25,82          | 13,64               | 25,25          |
| <i>Posttest</i>         | 17,34               | 26,25          | 14,82               | 23,92          |
| <i>Posttest-Pretest</i> | +4,46               | +0,43          | +1,18               | -1,33          |

Per agevolare la lettura si espongono di seguito i relativi grafici:

*Grafico 6.3.1 – Punteggi medi al test di competenza per Gruppo Sperimentale a T1 e T2*



*Grafico 6.3.2 – Punteggi medi al test di competenza per Gruppo di Controllo a T1 e T2*



Da un'analisi congiunta della tabella e dei grafici emerge che *nel passaggio da T1 a T2 il GS presenta un miglioramento cognitivo più evidente rispetto al GC*; in particolare i meno competenti dello sperimentale registrano un miglioramento di 4,46, mentre i meno esperti del gruppo di controllo di 1,18. Per quanto concerne la categoria dei meno competenti, coloro che hanno ricevuto il trattamento sperimentale esibiscono un incremento cognitivo, pari a 0,43, più lieve rispetto agli studenti che di base hanno un bagaglio più ricco di cognizioni sul tema. Al contrario, i meno competenti del gruppo di controllo presentano un peggioramento registrando un saldo negativo tra le due rilevazioni di 1,33.

Per spiegare la diversa intensità di miglioramento tra le due categorie del GS, oltre al classico fenomeno della regressione statistica in base al quale gli studenti che al pretest presentano punteggi estremi nella fase di posttest regrediscono verso la media, è possibile anche far riferimento alla possibilità che gli studenti in partenza più ferrati sull'argomento per una sorta di effetto di "saturazione", tendano a registrare un incremento delle conoscenze più esiguo. Per quanto riguarda il peggioramento dei meno competenti del GC è possibile ipotizzare che i risultati di pretest e posttest possono in parte essere spiegati anche in termini di casualità delle risposte date considerando le scarse cognizioni sul tema che contraddistinguono la categoria.

### 6.3.3 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice di cograduazione di Spearman

Un ulteriore modo di studiare il cambiamento cognitivo consiste nell'utilizzo dei due indici sintetici del test di competenza al pretest e al posttest a livello disaggregato e *ordinare ogni caso in una graduatoria* in base al punteggio ottenuto<sup>24</sup>. In questo modo si ottengono per ciascun gruppo due classifiche, una al pretest e una al posttest. La concordanza tra le due indica nel complesso una tendenziale *stabilità*, mentre una *discordanza* evidenzia il *mutamento*. Per controllare la relazione tra i due indici ordinati è stato utilizzato *l'indice di cograduazione  $\rho$  di Spearman*<sup>25</sup>. Si riporta nella tabella che segue i valori dell'indice calcolato per ciascun gruppo:

---

<sup>24</sup> Per motivi di spazio di riportano in Appendice gli indici sintetici del test di competenza nelle due rilevazioni ordinati in maniera crescente per il GS e per il GC in base ai quali viene calcolato l'indice di cograduazione (Tab. A52).

<sup>25</sup> La formula di calcolo dell'indice di cograduazione  $\rho$  di Spearman è la seguente:  $\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N(N^2 - 1)}$ , in cui:  $d_i$  sono le distanze tra i posti nelle due graduatorie dell'unità  $i$  e  $N$  rappresenta il numero dei casi. L'indice varia tra +1, nel caso di perfetta cograduazione ossia quando si ottengono due graduatorie identiche, e -1, nel caso di perfetta contrograduazione, cioè quando si è di fronte a due graduatorie uguali ma opposte. Quando  $\rho=0$  vi è indipendenza delle graduatorie, vale a dire assenza di concordanza tra le stesse.

Tabella 6.3.7 – Indice di cograduazione di Spearman

|                        | Gruppo Sperimentale | Gruppo di Controllo |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| Cograduazione Spearman | 0,62                | 0,68                |

In entrambi i gruppi si assiste ad una *cograduazione medio-alta* tra i punteggi al pretest e al posttest. Questo risultato conferma le alte percentuali relative alla stabilità emerse dagli incroci tra le risposte al pretest e al posttest per ogni singolo item (paragrafo 6.2). Il dato interessante non è tanto conoscere una certa stabilità nei ranghi dei punteggi ottenuti dai soggetti, ma *leggere in ottica comparativa il valore degli indici*: il GS presenta un valore più basso (0,62) rispetto a quello del GC (0,68); ciò significa che *i ragazzi del primo gruppo tendono a cambiare nella seconda rilevazione la propria posizione lungo la graduatoria in maniera più marcata rispetto al GC che invece risulta caratterizzato da una maggiore stabilità di punteggi*. Attraverso questa analisi si dimostra come il cambiamento cognitivo sia una caratteristica maggiormente tipica del GS che, *ceteris paribus*, può essere imputato alla principale differenza rispetto al GC, ossia alla presenza di un intervento formativo che stimola il primo gruppo al cambiamento in generale, e in particolare al miglioramento delle conoscenze in tema di radioattività.

#### 6.3.4 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice per differenza

Un'altra misura sintetica che esplori il cambiamento cognitivo è l'*indice per differenza* costruito per il GS e il GC. Attraverso la differenza di valori ottenuti dai soggetti tra la seconda e la prima rilevazione, si ottengono dei punteggi che esprimono temporalmente una *stabilità delle conoscenze*, qualora si ottenga un valore pari a zero, oppure un *cambiamento come miglioramento*, nel caso di punteggi positivi, o un *cambiamento come peggioramento*, nel caso di punteggi negativi. Gli 845 casi del GS e i 912 casi del GC sono stati così aggregati in tre categorie e nominati come stabili<sup>26</sup>, migliorati e peggiorati:

---

<sup>26</sup> Nell'indice di cambiamento cognitivo per differenza la categoria degli "Stabili" viene costruita includendo non solo coloro che, hanno ottenuto un saldo pari a zero tra i punteggi della prima e della seconda rilevazione, ma anche coloro che hanno riscontrato un miglioramento o un peggioramento talmente lieve, pari a  $\pm 1$ , da poter essere inglobati in questa classe.

Tabella 6.3.8 – Indice di cambiamento cognitivo per differenza

|            | Gruppo Sperimentale | Gruppo di Controllo |
|------------|---------------------|---------------------|
| Peggiorati | 231<br>27,3%        | 379<br>41,6%        |
| Stabili    | 201<br>23,8%        | 217<br>23,8%        |
| Migliorati | 413<br>48,9%        | 316<br>34,7%        |
| Totale     | 845<br>100%         | 912<br>100%         |

Il cambiamento cognitivo si manifesta nel GS in maniera più evidente nella dimensione del miglioramento (48,88%) rispetto a quella del peggioramento (27,3%); diversa è la situazione per il GC nel quale la percentuale dei peggiorati (41,6%) è più alta rispetto a quella dei migliorati (34,7%) anche se con un divario più ridotto rispetto al GS. La condizione di stabilità è pressoché identica in entrambi i sottocampioni (23,8%).

#### 6.3.5 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice temporale

Un altro indice di cambiamento cognitivo costruito è simile al precedente ma più complesso poiché si basa sul rapporto statistico tra, al numeratore, la differenza tra i punteggi ottenuti da ciascun soggetto tra la seconda e la prima rilevazione, e al denominatore i punteggi nel pretest:

$$\text{Indice temporale di cambiamento cognitivo} = \frac{(\text{punteggi al pre-test}) - (\text{punteggi al post-test})}{\text{punteggi al pre-test}}$$

Tali *numeri indici semplici* servono a confrontare le intensità di uno stesso fenomeno in due situazioni o circostanze diverse. Nel suddetto caso, trattandosi di un confronto tra due intervalli di tempo, si parla di *numero indice temporale* (cfr. Leti, 1983, p. 479). La situazione rispetto alla quale viene effettuato il confronto, riportata al denominatore, è detta la *base* del numero indice. Anche in questo caso si suddividono i 1.757 soggetti, ripartiti per GS e GC, nelle due categorie di cambiamento (miglioramento e peggioramento) e nella categoria della stabilità<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Anche nell'indice temporale di cambiamento cognitivo la categoria degli "Stabili" viene costruita come per l'indice di cambiamento cognitivo per differenza, ossia includendo coloro che hanno ottenuto un saldo pari a zero o un miglioramento o peggioramento lieve, pari a  $\pm 1$ , tra i punteggi della prima e della seconda rilevazione.

Tabella 6.3.9 – Indice temporale di cambiamento cognitivo

|                               | Gruppo Sperimentale | Gruppo di Controllo |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| <i>Peggiorati</i>             | 241<br>28,5%        | 403<br>44,2%        |
| <i>Stabili</i>                | 178<br>21,1%        | 174<br>19,1%        |
| <i>Migliorati</i>             | 420<br>49,7%        | 334<br>36,6%        |
| <i>Totale casi validi</i>     | 839<br>99,3%        | 911<br>99,9%        |
| <i>Mancanti</i> <sup>28</sup> | 6<br>0,7%           | 1<br>0,1%           |
| <i>Totale</i>                 | 845<br>100%         | 912<br>100%         |

Quasi la metà del GS (49,7%) esibisce un comportamento di mutamento cognitivo passando dalla risposta sbagliata a quella corretta, mentre il 28,5% risulta peggiorare la propria performance. Gli stabili ammontano al 21,1%. Il GC descrive un andamento diverso: le percentuali più elevate caratterizzano lo spostamento dalle risposte corrette a quelle sbagliate (44,2%), mentre il 36,6% migliora le conoscenze. L'assenza di mutamento si mantiene su valori simili a quelli del GS con il 19,1%.

#### 6.3.6 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso gli indici di miglioramento

Escludendo i casi di stabilità e lavorando esclusivamente sui migliorati e sui peggiorati in entrambi i gruppi sono stati costruiti *tre indici di cambiamento cognitivo* la cui lettura avviene nella direzione del miglioramento e per tale motivo vengono chiamati *indici di miglioramento cognitivo*. Si indaga nello specifico il peso delle due dimensioni del cambiamento in ottica comparativa tra i due gruppi:

- *Indice di miglioramento cognitivo 1*: è un rapporto di coesistenza, calcolato separatamente per GS e GC tra l'ammontare dei migliorati al numeratore, e dei peggiorati al denominatore, moltiplicato per cento;
- *Indice di miglioramento cognitivo 2*: è un rapporto di eccedenza che mette a confronto, in ciascun sottocampione, la differenza tra migliorati e peggiorati al numeratore, e il totale

---

<sup>28</sup> Vengono considerati *mancanti* quei casi che hanno ottenuto nel pretest (base del numero indice posto al denominatore) un punteggio pari a zero, in quanto non è possibile effettuare l'operazione di divisione per un valore nullo.

dei casi che esibiscono un cambiamento in generale al denominatore, moltiplicato per cento;

- *Indice di miglioramento cognitivo 3*: è un rapporto di derivazione in cui, per GS e GC, al numeratore vengono posti i migliorati e al denominatore la somma dei migliorati e dei peggiorati, moltiplicato per cento.

Nella pagina seguente si espone la tabella che riporta per i due sottocampioni le percentuali di migliorati, peggiorati e stabili<sup>29</sup> utili al calcolo dei tre indici:

*Tabella 6.3.10 – Peggiorati, stabili e migliorati per gruppo sperimentale e gruppo di controllo*

|                   | <i>Gruppo Sperimentale</i> | <i>Gruppo di Controllo</i> |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Peggiorati</i> | 302<br>35,7%               | 452<br>49,6%               |
| <i>Stabili</i>    | 65<br>7,7%                 | 71<br>7,8%                 |
| <i>Migliorati</i> | 478<br>56,6%               | 389<br>42,7%               |
| <i>Totale</i>     | 845<br>100%                | 912<br>100%                |

*Tabella 6.3.11 – Indici di miglioramento cognitivo*

|                                            | <i>Gruppo Sperimentale</i> | <i>Gruppo di Controllo</i> |
|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Indice di miglioramento cognitivo 1</i> | 158,3%                     | 86,1%                      |
| <i>Indice di miglioramento cognitivo 2</i> | 22,6%                      | -7,5%                      |
| <i>Indice di miglioramento cognitivo 3</i> | 61,3%                      | 46,3%                      |

Tutti gli indici di miglioramento esibiscono una netta differenza tra i due gruppi con un valore di successo più elevato per il GS. In particolare il *primo indice di miglioramento cognitivo* va letto in questa direzione: per 100 peggiorati esistono 158,3 migliorati nel GS e 86,1 per il GC; va da sé che nel primo gruppo sono maggiori i casi di progressione, nel secondo quelli di regressione.

Coerente con questo risultato è il *secondo indice* nel quale le differenze tra i due sottocampioni emergono fortemente. Nel GS l'indice è pari al 22,6%, mentre nel GC ottiene un valore negativo pari a -7,5% che indica una prevalenza di casi che peggiorano le proprie conoscenze.

Infine, il *terzo indice di miglioramento cognitivo*, in linea con i precedenti, indica un miglioramento maggiore per il GS, con un valore di 61,3%, contro quello del GC pari al 46,3%.

---

<sup>29</sup> In questo caso la categoria degli "Stabili" è stata calcolata considerando esclusivamente coloro che hanno ottenuto lo stesso punteggio al pretest e al posttest e quindi registrano un saldo nullo.

Molto interessanti e ben più articolati sono i risultati degli indici riferiti ai sottogruppi, in cui si articolano il GS e il GC individuati attraverso le terze variabili di contesto e di meccanismo (paragrafo 6.4).

In conclusione si può affermare che, *pur partendo dallo stesso livello di conoscenza, i due gruppi hanno esiti cognitivi differenti*, grandemente imputabili al fattore dell'intervento formativo intervenuto nel GS e assente nel GC.

#### 6.3.7 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'indice tipologico

Finora si è indagato il cambiamento cognitivo da un punto di vista quantitativo, ossia conoscendo lo stato puntuale di ciascun soggetto, sulla proprietà indagata misurata dal punteggio complessivo al test di competenza sulla radioattività. In questo modo si è quantificato il cambiamento medio attribuibile a segmenti confrontabili del campione, tuttavia lavorare con le medie espone ai rischi di valori estremi che non vengono tenuti sotto controllo, per cui a situazioni di equivalenza possono corrispondere distribuzioni differenti.

Cambiando strategia si perviene ad *un'analisi più articolata del cambiamento cognitivo* basata sulla *classificazione tipologica* degli individui all'interno di un sistema di categorie che prenda in considerazione anche altre dimensioni del concetto (paragrafo 4.3). Questo secondo approccio consente non solo di raggiungere una classificazione dei soggetti in base alle stesse dimensioni di miglioramento, peggioramento e stabilità ottenute nei precedenti indici, ma permette di valutare anche la *forza* del cambiamento e della stabilità in maniera più analitica, non risentendo passivamente dei valori estremi del campione, ma tenendone conto come un valore aggiunto.

Tale procedura consiste nella costruzione di un *indice tipologico* mediante la tecnica di *costruzione e riduzione di uno spazio di attributi*. Lo spazio di attributi nasce dall'incrocio fra i due indici additivi del test di competenza<sup>30</sup> al pretest e al posttest suddivisi in quattro livelli. La combinazione dei due indici dà luogo ad uno spazio di attributi composto da (4 x 4) 16 combinazioni. Una volta costruito si tratta di ridurlo, aggregando tra loro le categorie che sono semanticamente prossime e al contempo bilanciano adeguatamente la frequenza dei casi.

---

<sup>30</sup> Si riportano in Appendice nelle tabelle A53 e A54 gli indici additivi al test di competenza al pretest e al posttest suddivisi in 4 livelli.

Ridotto lo spazio di attributi si ottiene l'indice tipologico finale costituito da una nuova variabile divisa in 10 livelli. Si riportano nella tabella che segue le frequenze assolute e percentuali dell'*indice tipologico di cambiamento cognitivo* ripartito per GS e GC:

*Tabella 6.3.12 – Indice tipologico di cambiamento cognitivo*

| <i>Categorie indice</i>                            | <i>Gruppo Sperimentale</i> |       | <i>Gruppo di Controllo</i> |       |
|----------------------------------------------------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| Stabilità sui bassi punteggi                       | 194                        | 23,0% | 262                        | 28,7% |
| Stabilità sugli alti punteggi                      | 208                        | 24,6% | 189                        | 20,7% |
| Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 92                         | 10,9% | 31                         | 3,4%  |
| Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 47                         | 5,6%  | 62                         | 6,8%  |
| Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 54                         | 6,4%  | 61                         | 6,7%  |
| Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 61                         | 7,2%  | 65                         | 7,1%  |
| Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 78                         | 9,2%  | 53                         | 5,8%  |
| Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 37                         | 4,4%  | 82                         | 9,0%  |
| Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 40                         | 4,7%  | 68                         | 7,5%  |
| Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 34                         | 4,0%  | 39                         | 4,3%  |
| Totale                                             | 845                        | 100%  | 912                        | 100%  |

La *stabilità* in generale costituisce quasi metà del campione in entrambi i gruppi; si tratta di un *comportamento più tipico del GC*, anche se la differenza percentuale è esigua (il 49,5% del GC contro il 47,6% del GS). Indagando *nel dettaglio le due forme di stabilità* emergono differenze interessanti: *il GC è più saldo sui bassi punteggi* (il 28,7% sui bassi contro il 20,7% sugli alti), mentre *nel GS non si crea questo gap*, e *la stabilità sembra essere un comportamento leggermente più caratteristico sugli alti punteggi* (il 24,6% sugli alti contro il 23% sui bassi).

Per quanto riguarda i punteggi estremi nella direzione del *forte miglioramento* e del *forte peggioramento*, il GS si caratterizza per un evidente maggior successo rispetto alla situazione di regressione (il 10,9% di forte miglioramento contro il 5,6% di forte peggioramento). Il contrario accade nel GC, anche se lo scarto è meno marcato (il 6,8% subisce un forte peggioramento rispetto al 3,4% che migliora vistosamente). Al di là delle sfumature di progressione e regressione, si può affermare che *il forte mutamento delle conoscenze in tema di radioattività contraddistingue soprattutto il GS* (il 16,4% del GS contro il 10,2% del GC).

Il *debole miglioramento* viene descritto in tre forme: *nell'area dei bassi, nell'area degli alti e dai bassi agli alti punteggi*. Complessivamente il GS, seppur debolmente, migliora più del GC (il 22,8% del primo contro 19,6% del secondo gruppo). Nel dettaglio, la differenza più marcata riguarda il debole miglioramento nell'area degli alti punteggi (il 9,2% del GS contro il 5,8% del GC).

Infine, l'area del *debole peggioramento* viene ripartita *nell'area dei bassi, degli alti e dagli alti ai bassi punteggi*. In questo caso è il GC che si caratterizza maggiormente in queste tre categorie con il 20,7%, mentre ben più bassa, pari al 13,1%, è la percentuale del GS. In particolare, l'area in cui si posizionano maggiormente i soggetti del GC è quella dei bassi punteggi che costituisce anche lo scarto maggiore rispetto al GS (il 9% del GC contro il 4,4% del GS).

In conclusione, *i risultati confermano le analisi precedenti e arricchiscono ulteriormente le interpretazioni: emerge che il cambiamento nella direzione del miglioramento attiene maggiormente al GS mentre il peggioramento è tipico del GC; l'assenza di mutamento nella forma di stabilità caratterizza entrambi i gruppi, anche se andando ad indagare nel dettaglio, il GS tende a mantenersi costante sulle risposte corrette, mentre il GC su quelle sbagliate.*

#### **6.4 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso le tabelle multiple**

Nei paragrafi che seguono verranno controllati i *modelli teorici della specificazione e dell'interpretazione* (paragrafo 3.1.2.1) attraverso l'incrocio in tabelle multiple delle variabili relative al test di competenza (sintetizzate nei due indici additivi a due categorie), introducendo di volta in volta, oltre alla suddivisione tra GS e GC, la *terza variabile, di contesto o di meccanismo*, che si considera esplicativa del cambiamento cognitivo. Si tratta di approfondire il discorso relativo alla *validità esterna* dell'esperimento in quanto tale operazione di chiarificazione fornisce ulteriori informazioni circa la natura del rapporto tra il trattamento sperimentale (X) e l'esito osservato (Y), nella direzione della *generalizzazione dei risultati*.

In questo modo è possibile esaminare *in quali segmenti del campione si assiste ad un maggiore o minore cambiamento cognitivo in tema di radioattività*. In base alla direzione del mutamento, miglioramento o peggioramento, è possibile individuare, nei diversi sottoinsiemi in cui può essere ripartito il GS e il GC, l'esistenza di *aree di eccellenza*, aree caratterizzate da un *miglioramento modesto*, e aree che, al contrario, manifestano una *regressione* delle conoscenze. Esiste, per così dire, una *"dotazione all'ingresso"* (ad esempio, un certo livello di capitale culturale, il frequentare un certo tipo di scuola, ecc.) che caratterizza gli studenti del GS sin dalla prima rilevazione, tanto da renderli più o meno ricettivi rispetto all'intervento stesso? Il GS viene analizzato sempre operando un confronto costante con il GC. L'analisi della relazione tra il trattamento sperimentale e, di volta in volta, il terzo fattore considerato, consentono di capire quali sottogruppi sono più o meno sensibili alla X in modo da individuare specifici target nei confronti dei quali il trattamento funziona o meno.

Come anticipato, sono state considerate come *terze variabili* quei fattori che in ipotesi si considerano semanticamente legati alle conoscenze in tema di radiazioni e che da un punto di vista statistico sono risultati tra loro significativamente connessi, ossia le seguenti variabili di contesto:

- la *città*, suddivisa nelle quattro modalità: Roma, Frosinone, Latina, Viterbo;
- il *tipo di scuola*, suddivisa nelle tre modalità: liceo, istituto tecnico, istituto professionale;
- il *percorso formativo*, suddivisa nelle due modalità: biennio, triennio;
- il *capitale culturale*, suddivisa nelle tre modalità: basso, medio, alto;
- Il *genere*, suddivisa nelle due modalità: maschio, femmina;

e la variabile di meccanismo:

- l'*approfondimento personale* sul tema della radioattività negli ultimi 15 giorni, suddivisa nelle due modalità: no, sì;

Si è proceduto a mettere in relazione alcuni indici di cambiamento cognitivo presentati nel paragrafo precedente – che consentono di cogliere sia in via analitica, sia in maniera semplificata tutte le associazioni degne di nota – con le variabili teoricamente rilevanti a spiegare ed interpretare eventuali differenze in relazione al mutamento, tenendo sempre distinti il GS e il GC. Gli indici di cambiamento cognitivo considerati per le successive analisi sono:

- l'*indice di cambiamento cognitivo per somma*, che rappresenta un buon compromesso tra l'indice tipologico che fornisce informazioni estremamente dettagliate e i tre indici di miglioramento che riassume in maniera più sintetica ed essenziale lo stesso corpo di dati;
- l'*indice tipologico di cambiamento cognitivo*, che consente di effettuare una ispezione molto dettagliata che prevede sia una lettura verticale in cui, a parità di appartenenza ad un determinato gruppo, si mettono in relazione le differenze di valori tra le modalità dell'indice, sia una lettura orizzontale in cui all'interno di una data categoria si confrontano le percentuali tra i due gruppi. Accanto agli incroci vengono presentate le tabelle del test del chi quadro che indagano la significatività dell'associazione statistica per ciascuna relazione;
- i *tre indici di miglioramento cognitivo*, che rappresentano misure più grezze che suddividono i campioni sperimentale e di controllo in due grandi ed eterogenei gruppi di

migliorati e peggiorati. La condizione di stabilità<sup>31</sup> pertanto non viene indagata e ciò porta ad occultare sfumature significative che emergono invece con le altre misure.

L'utilizzo congiunto di più misure conduce ad una importante considerazione: *è essenziale in ogni analisi dei dati avvalersi di più strumenti costruiti con criteri differenti in modo da studiare uno stesso insieme di dati a diversi livelli di dettaglio.*

I commenti potranno apparire talvolta ridondanti ma si è deciso di optare per una ripetizione dei risultati per rendere evidente la coerenza e la robustezza degli stessi. I paragrafi che seguono sono strutturati in base alle terze variabili di volta in volta considerate.

#### 6.4.1 Il fattore di contesto "città"

*In primis* vengono presentate le relazioni degli indici sintetici di cambiamento cognitivo con la variabile di contesto "città". L'ipotesi effettuata in fase di campionamento consiste in una maggiore conoscenza iniziale sul tema tra gli studenti delle città caratterizzate dalla presenza di fonti di radiazione di origine naturale (Viterbo) e artificiale (Roma e Latina) rispetto agli studenti di Frosinone, neutra da questo punto di vista. Tale conoscenza più approfondita si potrebbe tradurre in una maggiore propensione ad apprendere nuove informazioni, sia a seguito del doppio stimolo ricevuto dal GS, sia in relazione al solo pretest nel GC.

Si presenta di seguito la relazione con *l'indice di cambiamento cognitivo per somma*:

*Tabella 6.4.1 – Connessione tra l'indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Città*

| Città   | Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale /di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T1) |                              | Totale       |
|---------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------|
|         |                                                                | fino a 23 risposte corrette                   | da 24 a 40 risposte corrette |              |
| Roma    | Gruppo Sperimentale                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 78<br>63,9%  |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 28<br>28,9%  |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 106<br>48,4% |
|         | Gruppo di Controllo                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 44<br>36,1%  |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 69<br>71,1%  |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 113<br>51,6% |
| Viterbo | Gruppo Sperimentale                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 122<br>100%  |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 97<br>100%   |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 219<br>100%  |
|         | Gruppo di Controllo                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 101<br>80,2% |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 23<br>23,7%  |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 124<br>55,6% |
| Latina  | Gruppo Sperimentale                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 25<br>19,8%  |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 74<br>76,3%  |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 99<br>44,4%  |
|         | Gruppo di Controllo                                            | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 101<br>80,2% |
|         |                                                                |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 23<br>23,7%  |
|         |                                                                | Totale                                        |                              | 124<br>55,6% |

<sup>31</sup> Si ricorda che la categoria degli "Stabili", che comprende coloro che tra postest e pretest hanno registrato lo stesso punteggio, non entra nel calcolo degli indici; pertanto i soggetti che risultano far parte della suddetta classe vengono esclusi dall'analisi.

|                              |                                               |                                               |                                               |                                               |                             |              |              |
|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| Totale                       |                                               |                                               | 126<br>100%                                   | 97<br>100%                                    | 223<br>100%                 |              |              |
| Frosinone                    | Gruppo Sperimentale                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 80<br>63,5%                                   | 15<br>22,4%                 | 95<br>49,2%  |              |
|                              |                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette                  | 46<br>36,5%                                   | 52<br>77,6%                 | 98<br>50,8%  |              |
|                              |                                               | Totale                                        |                                               | 126<br>100%                                   | 67<br>100%                  | 193<br>100%  |              |
|                              |                                               | Gruppo di Controllo                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 121<br>85,8%                | 25<br>30,1%  | 146<br>65,2% |
|                              | da 24 a 42 risposte corrette                  |                                               |                                               | 20<br>14,2%                                   | 58<br>69,9%                 | 78<br>34,8%  |              |
|                              | Totale                                        |                                               | 141<br>100%                                   | 83<br>100%                                    | 224<br>100%                 |              |              |
|                              | Latina                                        |                                               | Gruppo Sperimentale                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette | 63<br>64,9%  | 17<br>15,6%  |
|                              |                                               | da 24 a 42 risposte corrette                  |                                               |                                               | 34<br>35,1%                 | 92<br>84,4%  | 126<br>61,2% |
| Totale                       |                                               | 97<br>100%                                    |                                               | 109<br>100%                                   | 206<br>100%                 |              |              |
| Gruppo di Controllo          |                                               | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) |                                               | fino a 23 risposte corrette                   | 67<br>68,4%                 | 40<br>31,5%  | 107<br>47,6% |
|                              |                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette                  | 31<br>31,6%                                   | 87<br>68,5%                 | 118<br>52,4% |              |
|                              |                                               | Totale                                        |                                               | 98<br>100%                                    | 127<br>100%                 | 225<br>100%  |              |
|                              |                                               | Viterbo                                       | Gruppo Sperimentale                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette | 64<br>68,8%  | 27<br>20,1%  |
| da 24 a 42 risposte corrette |                                               |                                               |                                               |                                               | 29<br>31,2%                 | 107<br>79,9% | 136<br>59,9% |
| Totale                       |                                               |                                               |                                               | 93<br>100%                                    | 134<br>100%                 | 227<br>100%  |              |
| Gruppo di Controllo          | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) |                                               |                                               | fino a 23 risposte corrette                   | 116<br>85,3%                | 42<br>40,4%  | 158<br>65,8% |
|                              |                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette                  | 20<br>14,7%                                   | 62<br>59,6%                 | 82<br>34,2%  |              |
|                              | Totale                                        |                                               | 136<br>100%                                   | 104<br>100%                                   | 240<br>100%                 |              |              |

$p = .000$

$p = .000$

Si circo-scrive l'analisi alle sole dimensioni del cambiamento dalle risposte sbagliate a quelle corrette (celle in verde) e dalle risposte giuste a quelle inesatte (celle in rosso), lasciando le due forme di stabilità all'osservazione del lettore. Nell'area del *miglioramento* emerge che *in tutti i segmenti il GS presenta percentuali più alte del GC*, tuttavia nella città di Latina si assiste allo scarto più contenuto tra i due gruppi, con un 3,5% in più a favore del GS. Relativamente agli studenti che hanno ricevuto la lezione formativa, *l'incremento più evidente delle conoscenze si registra a Frosinone (36,5%), seguita da Roma (36,1%)*. Le differenze con gli altri contesti, nel GS, sono moderate. Specularmente, le aree del *peggioramento* sono più elevate in tutti i contesti del

GC, e in particolare la *regressione più elevata si riscontra nel GC di Viterbo (40,4%)* e quello meno intenso nel GS a Latina (15,6%).

Si passa all'esplorazione della relazione con l'*indice tipologico di cambiamento cognitivo*:

*Tabella 6.4.2 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Città*

| Città                                              |                                            | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                              | Totale      |              |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|--------------|
|                                                    |                                            | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo          |             |              |
| Roma                                               | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 51<br>23,3%                  | 75<br>33,6% | 126<br>28,5% |
|                                                    |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 44<br>20,1%                  | 48<br>21,5% | 92<br>20,8%  |
|                                                    |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 31<br>14,2%                  | 7<br>3,1%   | 38<br>8,6%   |
|                                                    |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 12<br>5,5%                   | 10<br>4,5%  | 22<br>5,0%   |
|                                                    |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 16<br>7,3%                   | 10<br>4,5%  | 26<br>5,9%   |
|                                                    |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi             | 13<br>5,9%                   | 18<br>8,1%  | 31<br>7,0%   |
|                                                    |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi            | 19<br>8,7%                   | 15<br>6,7%  | 34<br>7,7%   |
|                                                    |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi             | 11<br>5,0%                   | 16<br>7,2%  | 27<br>6,1%   |
|                                                    |                                            | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi             | 16<br>7,3%                   | 13<br>5,8%  | 29<br>6,6%   |
|                                                    |                                            | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi            | 6<br>2,7%                    | 11<br>4,9%  | 17<br>3,8%   |
|                                                    |                                            | Totale                                                        | 219<br>100%                  | 223<br>100% | 442<br>100%  |
|                                                    | Frosinone                                  | Indice tipologico di cambiamento cognitivo                    | Stabilità sui bassi punteggi | 56<br>29,0% | 75<br>33,5%  |
| Stabilità sugli alti punteggi                      |                                            |                                                               | 30<br>15,5%                  | 36<br>16,1% | 66<br>15,8%  |
| Forte miglioramento dal basso verso l'alto         |                                            |                                                               | 27<br>14,0%                  | 6<br>2,7%   | 33<br>7,9%   |
| Forte peggioramento dall'alto verso il basso       |                                            |                                                               | 10<br>5,2%                   | 10<br>4,5%  | 20<br>4,8%   |
| Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  |                                            |                                                               | 15<br>7,8%                   | 23<br>10,3% | 38<br>9,1%   |
| Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  |                                            |                                                               | 19<br>9,8%                   | 14<br>6,3%  | 33<br>7,9%   |
| Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi |                                            |                                                               | 11<br>5,7%                   | 11<br>4,9%  | 22<br>5,3%   |
| Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  |                                            |                                                               | 9<br>4,7%                    | 23<br>10,3% | 32<br>7,7%   |
| Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  |                                            |                                                               | 5                            | 15          | 20           |

|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     |                                            |       |       |       |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                    |                                                     | 2,6%                                               | 6,7%                                                | 4,8%                                       |       |       |       |
| Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi |                                                     | 11                                                 | 11                                                  | 22                                         |       |       |       |
|                                                    |                                                     | 5,7%                                               | 4,9%                                                | 5,3%                                       |       |       |       |
| Totale                                             |                                                     | 193                                                | 224                                                 | 417                                        |       |       |       |
|                                                    |                                                     | 100%                                               | 100%                                                | 100%                                       |       |       |       |
| Latina                                             | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                       | 47                                                  | 42                                         | 89    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 22,8%                                               | 18,7%                                      | 20,6% |       |       |
|                                                    |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi                      | 58                                                  | 57                                         | 115   |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 28,2%                                               | 25,3%                                      | 26,7% |       |       |
|                                                    |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 18                                                  | 12                                         | 30    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 8,7%                                                | 5,3%                                       | 7,0%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 11                                                  | 13                                         | 24    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 5,3%                                                | 5,8%                                       | 5,6%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 9                                                   | 8                                          | 17    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 4,4%                                                | 3,6%                                       | 3,9%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 16                                                  | 19                                         | 35    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 7,8%                                                | 8,4%                                       | 8,1%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 27                                                  | 19                                         | 46    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 13,1%                                               | 8,4%                                       | 10,7% |       |       |
| Viterbo                                            | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 7                                                   | 17                                         | 24    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 3,4%                                                | 7,6%                                       | 5,6%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 6                                                   | 27                                         | 33    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 2,9%                                                | 12,0%                                      | 7,7%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 7                                                   | 11                                         | 18    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 3,4%                                                | 4,9%                                       | 4,2%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Totale                                             | 206                                                 | 225                                        | 431   |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 100%                                                | 100%                                       | 100%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Viterbo                                            | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi               | 40    | 70    | 110   |
|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     |                                            | 17,6% | 29,2% | 23,6% |
|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi              | 76    | 48    | 124   |
|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     |                                            | 33,5% | 20,0% | 26,6% |
|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto | 16    | 6     | 22    |
|                                                    |                                                     |                                                    |                                                     |                                            | 7,0%  | 2,5%  | 4,7%  |
| Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 14                                                  |                                                    |                                                     | 29                                         | 43    |       |       |
|                                                    | 6,2%                                                |                                                    |                                                     | 12,1%                                      | 9,2%  |       |       |
| Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 14                                                  |                                                    |                                                     | 20                                         | 34    |       |       |
|                                                    | 6,2%                                                |                                                    |                                                     | 8,3%                                       | 7,3%  |       |       |
| Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 13                                                  |                                                    |                                                     | 14                                         | 27    |       |       |
|                                                    | 5,7%                                                |                                                    |                                                     | 5,8%                                       | 5,8%  |       |       |
| Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 21                                                  |                                                    |                                                     | 8                                          | 29    |       |       |
|                                                    | 9,3%                                                |                                                    |                                                     | 3,3%                                       | 6,2%  |       |       |
| Viterbo                                            | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 10                                                  | 26                                         | 36    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 4,4%                                                | 10,8%                                      | 7,7%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 13                                                  | 13                                         | 26    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 5,7%                                                | 5,4%                                       | 5,6%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 10                                                  | 6                                          | 16    |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 4,4%                                                | 2,5%                                       | 3,4%  |       |       |
|                                                    |                                                     | Totale                                             | 227                                                 | 240                                        | 467   |       |       |
|                                                    |                                                     |                                                    | 100%                                                | 100%                                       | 100%  |       |       |

*Tabella 6.4.3 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Città.  
Chi-quadro*

| <i>Città</i> | <i>Valore</i> | <i>gl</i> | <i>Sig. (2-code)</i> |
|--------------|---------------|-----------|----------------------|
| Roma         | 25,42         | 9         | 0,00                 |
| Frosinone    | 28,08         | 9         | 0,00                 |
| Latina       | 20,99         | 9         | 0,01                 |
| Viterbo      | 38,99         | 9         | 0,00                 |

Dalla tabella emerge che Roma e Frosinone si caratterizzano per le alte percentuali di stabilità sui bassi punteggi del GC (rispettivamente 33,6% e 33,5%), mentre, sempre in relazione al GC, Latina risulta stabile sugli alti punteggi non mostrando significative differenze con il GS (25,3% del GC e 28,2% del GS). *La città che segna un forte miglioramento è il GS di Roma con il 14,2% e di Frosinone con il 14%.* In questo caso la presenza del trattamento sperimentale sembra aver fatto la differenza con il GC. *Il contrario accade a Viterbo che rispetto alle altre zone presenta i valori più bassi di mutamento cognitivo verso la risposta corretta.* Il peggioramento più marcato si registra nel GC di questa città con il 12,1%. Nell'area dei cambiamenti deboli emerge Latina con le percentuali più alte di miglioramento nell'area degli alti punteggi (13,1% del GS e 8,4% del GC).

Da una lettura orizzontale si notano le differenze tra i due gruppi nelle 4 città considerate. Il GS di Roma, rispetto a quello di controllo, presenta percentuali elevate di forte miglioramento, come in parte emerso poco sopra (14,2% del GS contro il 3,1% del GC). A Frosinone si assiste ad uno scarto ancora più marcato in questa area, pari all'11,3%, a favore del GS. La stabilità sui bassi punteggi caratterizza principalmente il GC di Roma (33,6% del GC contro il 23,3% del GS), mentre a Viterbo, anche se in percentuale più bassa (29,2% nel GC a Viterbo contro il 33,6% nel GC a Roma), lo scarto rispetto al GS è maggiore (-11,5%). Infine, una netta differenza tra GS e GC si riscontra a Latina nel debole peggioramento che riguarda in misura consistente il GC, registrando un scarto percentuale rispetto al GS del 9,1%.

Infine si indaga la relazione della sede delle scuole con i tre *indici di miglioramento cognitivo*:

Tabella 6.4.4 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Città

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo Città |           | Indice di miglioramento cognitivo 1 | Indice di miglioramento cognitivo 2 | Indice di miglioramento cognitivo 3 |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                                 | Roma      | 133,3                               | 14,3                                | 57,1                                |
|                                                                     | Frosinone | 171,6                               | 26,4                                | 63,2                                |
|                                                                     | Latina    | 204,9                               | 34,4                                | 67,2                                |
|                                                                     | Viterbo   | 140,2                               | 16,7                                | 58,4                                |
|                                                                     | Totale    | 158,3                               | 22,6                                | 61,3                                |
| Gruppo di Controllo                                                 | Roma      | 119,4                               | 8,8                                 | 54,4                                |
|                                                                     | Frosinone | 91,7                                | -4,3                                | 47,8                                |
|                                                                     | Latina    | 82,3                                | -9,7                                | 45,1                                |
|                                                                     | Viterbo   | 62,3                                | -23,2                               | 38,4                                |
|                                                                     | Totale    | 86,1                                | -7,5                                | 46,3                                |

Attraverso una lettura verticale emerge che in tutte le zone il GS ottiene gli indici di miglioramento cognitivo più alti rispetto al GC; in particolare tali differenze risultano più marcate per la città di Latina. L'indice che consente di vedere in maniera più evidente tale *gap* è l'indice di miglioramento cognitivo 1.

Tutti e tre gli indici sono coerenti nell'affermare che l'intervento formativo sembra essere stato più efficace nella città di Latina, seguita da Frosinone. Roma, invece costituisce la zona con i valori degli indici più bassi. Nel GC invece si assiste ad un andamento ben diverso: se nel GS Roma presentava gli indici di miglioramento delle conoscenze più bassi, nel sottocampione non sottoposto alla lezione tecnica sulla radioattività risulta ottenere i valori di miglioramento più alti, mentre l'ultimo posto spetta a Viterbo.

L'indice di cambiamento cognitivo per somma e l'indice tipologico di cambiamento cognitivo tendono a dare risultati convergenti, mentre i tre indici di miglioramento cognitivo delineano un quadro leggermente differente, seppur non in contraddizione. Ciò dipende dalle modalità di costruzione delle misure sintetiche e rimanda alle considerazioni descritte all'inizio del paragrafo in relazione alla diversa capacità informativa di ciascuno strumento.

Con tutti gli indici utilizzati l'ipotesi iniziale viene falsificata e ciò indica che la presenza nelle sedi delle scuole selezionate di fonti di radioattività (naturale o artificiale) non incide sul livello di conoscenza iniziale sull'argomento e non sembra innescare un processo di apprendimento migliore. Ciò è evidente in particolare a Viterbo in cui si evidenzia un incremento cognitivo sempre molto contenuto. Questa città è caratterizzata da fonti di radiazioni naturali e il livello di informazioni sul tema tra gli studenti viterbesi che non conduce ad un forte aumento delle conoscenze, chiama in causa la teoria secondo la quale ciò che è naturale, per quanto dannoso, appare più rassicurante e confortante rispetto a ciò che assume una connotazione artificiale con la

conseguenza di risultare anche meno carico emotivamente e fonte di pericolo (cfr. Douglas, Wildawsky, 1982, da Decataldo, Faggiano, Fasanella, Maggi, 2012, p. 103).

#### 6.4.2 Il fattore di contesto “tipo di scuola”

Si indagano gli indici sintetici con il fattore di contesto “tipo di scuola” controllando se il miglioramento cognitivo è più evidente tra gli studenti che possiedono una formazione tecnico-professionale, oppure tra coloro che detengono una conoscenza di base ampio raggio tipica dei licei. Si espone la relazione con l’*indice di cambiamento cognitivo per somma*:

Tabella 6.4.5 – Connessione tra l’indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Tipo di scuola

| Tipo di scuola              | Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale/di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T1) |                              | Totale       |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------|
|                             |                                                               | fino a 23 risposte corrette                   | da 24 a 40 risposte corrette |              |
| Liceo                       | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 67<br>53,2%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 31<br>15,0%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 98<br>29,4%  |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 59<br>46,8%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 176<br>85,0% |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 235<br>70,6% |
| Istituto tecnico            | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 126<br>100%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 207<br>100%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 333<br>100%  |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 165<br>73,0% |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 67<br>29,3%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 232<br>51,0% |
| Istituto professionale      | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 61<br>27,0%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 162<br>70,7% |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 223<br>49,0% |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 226<br>100%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 229<br>100%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 455<br>100%  |
| Istituto superiore          | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 110<br>70,1% |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 32<br>23,9%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 142<br>48,8% |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 47<br>29,9%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 102<br>76,1% |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 149<br>51,2% |
| Istituto universitario      | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 157<br>100%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 134<br>100%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 291<br>100%  |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 83<br>83,0%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 30<br>25,4%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 113<br>51,8% |
| Istituto di ricerca         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 17<br>17,0%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 88<br>74,6%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 105<br>48,2% |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 100<br>100%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 118<br>100%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 218<br>100%  |
| Istituto di alta formazione | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 108<br>69,7% |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 24<br>36,4%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 132<br>59,7% |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 47<br>30,3%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 42<br>63,6%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 89<br>40,3%  |
| Istituto di formazione      | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 155<br>100%  |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 66<br>100%   |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 221<br>100%  |
|                             | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 108<br>69,7% |
|                             |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 24<br>36,4%  |
|                             |                                                               | Totale                                        |                              | 132<br>59,7% |

|                     |                                               |                              |  | 100%         | 100%        | 100%         |
|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--|--------------|-------------|--------------|
| Gruppo di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  |  | 157<br>89,7% | 33<br>51,6% | 190<br>79,5% |
|                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette |  | 18<br>10,3%  | 31<br>48,4% | 49<br>20,5%  |
|                     | Totale                                        |                              |  | 175<br>100%  | 64<br>100%  | 239<br>100%  |
|                     |                                               |                              |  |              |             |              |

$p = .000$

$p = .000$

Dalla tabella risulta che il GS *migliora* in tutti i contesti, tuttavia *il successo più evidente si realizza nei licei, in particolare quelli inclusi nel GS (46,8%)*. Nonostante rappresenti il tipo di scuola che ottiene le migliori performance a prescindere dall'appartenenza al gruppo, il divario tra GS e GC in questa categoria è molto marcato (46,8% del GS contro 27% del GC). Anche nell'istituto professionale il *gap* tra chi ha ricevuto il trattamento sperimentale e chi no è ugualmente forte (30,3% del GS contro 10,3% del GC). Nelle aree del *peggioramento* i vari segmenti del GC presentano valori più elevati rispetto a quelle del GS. Il passaggio più marcato verso le risposte errate si registra *nell'istituto professionale*, in particolare tra gli studenti del GC (51,6%).

Per quanto riguarda la relazione tra il fattore di contesto in questione e l'*indice tipologico di cambiamento cognitivo* si presenta la tabella seguente:

*Tabella 6.4.6 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Tipo di scuola*

| Tipo di scuola |                                            | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                     | Totale       |              |
|----------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
|                |                                            | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo |              |              |
| Liceo          | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 45<br>13,5%         | 104<br>22,9% | 149<br>18,9% |
|                |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 115<br>34,5%        | 119<br>26,2% | 234<br>29,7% |
|                |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 33<br>9,9%          | 19<br>4,2%   | 52<br>6,6%   |
|                |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 15<br>4,5%          | 38<br>8,4%   | 53<br>6,7%   |
|                |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 13<br>3,9%          | 24<br>5,3%   | 37<br>4,7%   |
|                |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi             | 26<br>7,8%          | 42<br>9,2%   | 68<br>8,6%   |
|                |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi            | 44<br>13,2%         | 26<br>5,7%   | 70<br>8,9%   |
|                |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi             | 9<br>2,7%           | 37<br>8,1%   | 46<br>5,8%   |

|                        |                                                     |                                                    |             |              |              |
|------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|
|                        |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 16<br>4,8%  | 29<br>6,4%   | 45<br>5,7%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 17<br>5,1%  | 17<br>3,7%   | 34<br>4,3%   |
|                        | Totale                                              |                                                    | 333<br>100% | 455<br>100%  | 788<br>100%  |
| Istituto tecnico       | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                       | 70<br>24,1% | 56<br>25,7%  | 126<br>24,8% |
|                        |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi                      | 67<br>23,0% | 51<br>23,4%  | 118<br>23,2% |
|                        |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 30<br>10,3% | 3<br>1,4%    | 33<br>6,5%   |
|                        |                                                     | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 17<br>5,8%  | 8<br>3,7%    | 25<br>4,9%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 26<br>8,9%  | 10<br>4,6%   | 36<br>7,1%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 17<br>5,8%  | 14<br>6,4%   | 31<br>6,1%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 22<br>7,6%  | 20<br>9,2%   | 42<br>8,3%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 14<br>4,8%  | 17<br>7,8%   | 31<br>6,1%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 15<br>5,2%  | 22<br>10,1%  | 37<br>7,3%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 13<br>4,5%  | 17<br>7,8%   | 30<br>5,9%   |
|                        | Totale                                              |                                                    | 291<br>100% | 218<br>100%  | 509<br>100%  |
| Istituto professionale | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                       | 79<br>35,7% | 102<br>42,7% | 181<br>39,3% |
|                        |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi                      | 26<br>11,8% | 19<br>7,9%   | 45<br>9,8%   |
|                        |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 29<br>13,1% | 9<br>3,8%    | 38<br>8,3%   |
|                        |                                                     | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 15<br>6,8%  | 16<br>6,7%   | 31<br>6,7%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 15<br>6,8%  | 27<br>11,3%  | 42<br>9,1%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 18<br>8,1%  | 9<br>3,8%    | 27<br>5,9%   |
|                        |                                                     | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 12<br>5,4%  | 7<br>2,9%    | 19<br>4,1%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 14<br>6,3%  | 28<br>11,7%  | 42<br>9,1%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 9<br>4,1%   | 17<br>7,1%   | 26<br>5,7%   |
|                        |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 4<br>1,8%   | 5<br>2,1%    | 9<br>2,0%    |
|                        | Totale                                              |                                                    | 221<br>100% | 239<br>100%  | 460<br>100%  |

Tabella 6.4.7 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Tipo di scuola. Chi-quadro

| Tipo di scuola         | Valore | gl | Sig. (2-code) |
|------------------------|--------|----|---------------|
| Liceo                  | 52,00  | 9  | 0,00          |
| Istituto tecnico       | 28,82  | 9  | 0,00          |
| Istituto professionale | 28,89  | 9  | 0,00          |

I *licei* che fanno parte del GS presentano le percentuali più elevate di *stabilità sugli alti punteggi* (34,5%), mentre quelli degli *istituti professionali* ottengono i valori maggiori di *stabilità sui bassi punteggi* e ancora più elevati sono le percentuali del GC (il 35,7% del GS e il 42,7% del GC). Sono gli istituti professionali del GS che registrano i valori più marcati, sia di forte miglioramento (13,1%), sia di forte peggioramento (6,8%), tuttavia nel primo caso esiste un evidente scarto rispetto al GC (9,3% di scarto) che sta ad indicare che l'intervento formativo è stato efficace a produrre una discriminazione tra i due sottocampioni, nel secondo caso il forte peggioramento è pressoché identico in entrambi (6,8% nel GS e 6,7% nel GC). Il liceo si caratterizza anche per un forte peggioramento del GC (8,4%) che produce il divario più marcato con il GS (3,9% di scarto) rispetto agli altri tipi di scuole superiori. *Gli istituti tecnici presentano le percentuali più elevate di debole peggioramento* (10,1%) rispetto a licei ed istituti professionali.

*Il forte miglioramento si realizza nei GS degli istituti professionali* (13,1%) e *tecnici* (10,3%), che generano uno scarto rispetto ai relativi GC del 9,4% e dell'8,9%. In questo genere di scuole superiori l'intervento formativo sembra perciò aver attecchito in misura più evidente.

In relazione ai tre *indici di miglioramento cognitivo*:

Tabella 6.4.8 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Tipo di scuola

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                        | Tipo di scuola |  |  | Indice di miglioramento cognitivo 1 | Indice di miglioramento cognitivo 2 | Indice di miglioramento cognitivo 3 |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                           | Liceo                  |                |  |  | 187,7                               | 30,5                                | 65,2                                |
|                                                               | Istituto tecnico       |                |  |  | 136,8                               | 15,5                                | 57,8                                |
|                                                               | Istituto professionale |                |  |  | 150,6                               | 20,2                                | 60,1                                |
|                                                               | Totale                 |                |  |  | 158,3                               | 22,6                                | 61,3                                |
| Gruppo di Controllo                                           | Liceo                  |                |  |  | 81,9                                | -10,0                               | 45,0                                |
|                                                               | Istituto tecnico       |                |  |  | 94,1                                | -3,1                                | 48,5                                |
|                                                               | Istituto professionale |                |  |  | 87,4                                | -6,7                                | 46,6                                |
|                                                               | Totale                 |                |  |  | 86,1                                | -7,5                                | 46,3                                |

Anche considerando la variabile "*tipo di scuola*", tutti gli indici di miglioramento cognitivo sono concordi nel dichiarare i risultati. Il sottocampione sperimentale presenta valori che esprimono il miglioramento di conoscenze più marcato rispetto a quelli delle scuole di controllo, e ciò risulta più evidente nelle scuole del liceo, mentre nel GC i migliori esiti sono imputati all'istituto tecnico,

seguito da quello professionale. È sempre l'indice di coesistenza a segnare lo scarto più significativo.

#### 6.4.3 Il fattore di contesto "percorso formativo"

Considerando il fattore contestuale "percorso formativo", lo scopo è capire se nel favorire il miglioramento cognitivo abbia un peso maggiore essere studenti del biennio o del triennio. Si riporta la prima relazione con l'indice di cambiamento cognitivo per somma:

*Tabella 6.4.9 – Connessione tra l'indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Percorso formativo*

| Posizione nel percorso formativo | Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale/di Controllo | Indice Totale test competenza 49 item T1 recode in due categorie(T1) |                              | Totale       |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|
|                                  |                                                               | fino a 23 risposte corrette                                          | da 24 a 40 risposte corrette |              |
| Biennio                          | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 179<br>75,2% |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 40<br>30,8%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 219<br>59,5% |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 59<br>24,8%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 90<br>69,2%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 149<br>40,5% |
| Triennio                         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 238<br>100%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 130<br>100%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 368<br>100%  |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 208<br>83,2% |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 52<br>33,3%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 260<br>64,0% |
| Triennio                         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 42<br>16,8%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 104<br>66,7% |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 146<br>36,0% |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 250<br>100%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 156<br>100%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 406<br>100%  |
| Triennio                         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 106<br>53,0% |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 47<br>17,0%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 153<br>32,1% |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 94<br>47,0%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 230<br>83,0% |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 324<br>67,9% |
| Triennio                         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 200<br>100%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 277<br>100%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 477<br>100%  |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 197<br>78,5% |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 78<br>30,6%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 275<br>54,3% |
| Triennio                         | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 54<br>21,5%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 177<br>69,4% |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 231<br>45,7% |
|                                  | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2)                        | fino a 23 risposte corrette  | 251<br>100%  |
|                                  |                                                               |                                                                      | da 24 a 42 risposte corrette | 255<br>100%  |
|                                  |                                                               | Totale                                                               |                              | 506<br>100%  |

$p = .000$

$p = .000$

L'analisi dimostra che il far parte del GS comporta un aumento più marcato delle conoscenze in tema di radioattività. Più in particolare, la tabella suggerisce che, indipendentemente dall'appartenenza al gruppo, *migliorano di più i ragazzi che frequentano il triennio finale* (il 47%

del GS e il 21,5% del GC), in media anagraficamente più grandi, rispetto agli studenti del biennio (il 24,8% del GS e il 16,8% del GC).

Tali risultati vengono confermati dalle celle riferite al cambiamento cognitivo come regressione delle conoscenze sul tema in questione. Tra gli studenti del biennio, il fatto di far parte del GS o del GC non crea una differenza marcata tra le percentuali che esibiscono il peggioramento. Più evidente, infatti, è lo scarto di appartenenza al gruppo nel triennio. Si può concludere asserendo quindi che *il doppio stimolo sembra aver attecchito in maniera minore sui ragazzi del primo e del secondo anno di corso.*

In relazione all'indice tipologico di cambiamento cognitivo:

*Tabella 6.4.10 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Percorso formativo*

| Percorso formativo |                                            |                                                    | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                     | Totale       |
|--------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|
|                    |                                            |                                                    | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo |              |
| Biennio            | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                       | 118<br>32,1%                                                  | 131<br>32,3%        | 249<br>32,2% |
|                    |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                      | 51<br>13,9%                                                   | 67<br>16,5%         | 118<br>15,2% |
|                    |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 30<br>8,2%                                                    | 15<br>3,7%          | 45<br>5,8%   |
|                    |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 18<br>4,9%                                                    | 28<br>6,9%          | 46<br>5,9%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 36<br>9,8%                                                    | 35<br>8,6%          | 71<br>9,2%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 29<br>7,9%                                                    | 27<br>6,7%          | 56<br>7,2%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 31<br>8,4%                                                    | 19<br>4,7%          | 50<br>6,5%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 25<br>6,8%                                                    | 42<br>10,3%         | 67<br>8,7%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 22<br>6,0%                                                    | 24<br>5,9%          | 46<br>5,9%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 8<br>2,2%                                                     | 18<br>4,4%          | 26<br>3,4%   |
|                    |                                            | Totale                                             | 368<br>100%                                                   | 406<br>100%         | 774<br>100%  |
| Triennio           | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                       | 76<br>15,9%                                                   | 131<br>25,9%        | 207<br>21,1% |
|                    |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                      | 157<br>32,9%                                                  | 122<br>24,1%        | 279<br>28,4% |
|                    |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 62<br>13,0%                                                   | 16<br>3,2%          | 78<br>7,9%   |

|        |                                                    |             |             |             |
|--------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|        | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 29<br>6,1%  | 34<br>6,7%  | 63<br>6,4%  |
|        | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 18<br>3,8%  | 26<br>5,1%  | 44<br>4,5%  |
|        | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 32<br>6,7%  | 38<br>7,5%  | 70<br>7,1%  |
|        | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 47<br>9,9%  | 34<br>6,7%  | 81<br>8,2%  |
|        | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 12<br>2,5%  | 40<br>7,9%  | 52<br>5,3%  |
|        | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 18<br>3,8%  | 44<br>8,7%  | 62<br>6,3%  |
|        | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 26<br>5,5%  | 21<br>4,2%  | 47<br>4,8%  |
| Totale |                                                    | 477<br>100% | 506<br>100% | 983<br>100% |

*Tabella 6.4.11 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Percorso formativo. Chi-quadro*

| Percorso formativo | Valore | gl | Sig. (2-code) |
|--------------------|--------|----|---------------|
| Biennio            | 19,42  | 9  | 0,02          |
| Triennio           | 76,31  | 9  | 0,00          |

A prescindere dall'appartenenza al gruppo, i ragazzi del biennio tendono a mantenersi sui bassi punteggi (32,1% del GS e 32,3% del GC), mentre chi frequenta gli ultimi tre anni si conserva sugli alti (32,9% del GS e 24,1% del GC). Il forte miglioramento viene attribuito a coloro che, avendo ricevuto la lezione sul tema, frequentano il triennio (13% del GS). Il debole peggioramento nell'area dei bassi e dagli alti ai bassi punteggi è prerogativa degli studenti del biennio del GS (12,8%) rispetto al peggioramento ben più contenuto di quelli del triennio (6,3%).

*L'intervento sperimentale ha avuto maggior successo nei ragazzi più grandi che frequentano gli ultimi tre anni, registrando una quota maggiore di casi di forte miglioramento (13%), rispetto a coloro che frequentano i primi due anni (3,2%); lo scarto tra le due percentuali è significativo e pari al 9,8%. Anche nell'area relativa alla stabilità sugli alti punteggi, emerge l'effetto della lezione impartita dai tecnici sul triennio: come già osservato poco sopra, il 32,9% dei ragazzi del GS tende a mantenere risultati elevati rispetto al 24,1% del GC.*

Per quanto riguarda la relazione con i tre *indici di miglioramento cognitivo*:

Tabella 6.4.12 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Percorso formativo

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |          | Percorso formativo | Indice di miglioramento cognitivo 1 | Indice di miglioramento cognitivo 2 | Indice di miglioramento cognitivo 3 |
|---------------------------------------------------------------|----------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                           | Biennio  |                    | 147,9                               | 19,3                                | 59,7                                |
|                                                               | Triennio |                    | 167,3                               | 25,2                                | 62,6                                |
|                                                               | Totale   |                    | 158,3                               | 22,6                                | 61,3                                |
| Gruppo di Controllo                                           | Biennio  |                    | 83,0                                | -9,3                                | 45,4                                |
|                                                               | Triennio |                    | 88,6                                | -6,0                                | 47,0                                |
|                                                               | Totale   |                    | 86,1                                | -7,5                                | 46,3                                |

Coerentemente con i risultati precedenti, a prescindere dall'appartenenza al gruppo, gli indici di miglioramento cognitivo indicano *risultati più elevati per i ragazzi del triennio*. Andando a controllare la differenza tra GS e GC, emerge che gli scarti più significativi sono relativi al triennio e questo indica che lo stimolo formativo ha attecchito maggiormente sui ragazzi anagraficamente più grandi. Per contro, laddove la lezione formativa non è stata effettuata, il gap tra gli incrementi cognitivi a favore degli studenti del triennio, appare più contenuto.

#### 6.4.4 Il fattore di contesto “capitale culturale”

Si descrive la relazione trivariata con la variabile di contesto “capitale culturale” per verificare quale *background* familiare (basso, medio o alto) sia maggiormente legato ad un miglioramento delle conoscenze in tema di radioattività. Si riporta il primo *indice di cambiamento cognitivo per somma*:

Tabella 6.4.13 – Connessione tra l'indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Capitale culturale

| Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale /di Controllo |                     |                                               |                              | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T1) |                              | Totale       |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Capitale culturale                                             |                     |                                               |                              | fino a 23 risposte corrette                   | da 24 a 40 risposte corrette |              |
| Basso                                                          | Gruppo Sperimentale | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 75<br>76,5%                                   | 15<br>24,6%                  | 90<br>56,6%  |
|                                                                |                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 23<br>23,5%                                   | 46<br>75,4%                  | 69<br>43,4%  |
|                                                                |                     | Totale                                        |                              | 98<br>100%                                    | 61<br>100%                   | 159<br>100%  |
|                                                                | Gruppo di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 96<br>86,5%                                   | 25<br>34,2%                  | 121<br>65,8% |
|                                                                |                     |                                               | da 24 a 42 risposte          | 15                                            | 48                           | 63           |

|        |                     |                                               |                              |              |              |              |
|--------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|        |                     |                                               | corrette                     | 13,5%        | 65,8%        | 34,2%        |
| Totale |                     |                                               |                              | 111<br>100%  | 73<br>100%   | 184<br>100%  |
| Medio  | Gruppo Sperimentale | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 136<br>60,4% | 41<br>20,8%  | 177<br>41,9% |
|        |                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 89<br>39,6%  | 156<br>79,2% | 245<br>58,1% |
|        |                     | Totale                                        |                              | 225<br>100%  | 197<br>100%  | 422<br>100%  |
|        | Gruppo di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 194<br>81,2% | 70<br>33,8%  | 264<br>59,2% |
|        |                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 45<br>18,8%  | 137<br>66,2% | 182<br>40,8% |
|        |                     | Totale                                        |                              | 239<br>100%  | 207<br>100%  | 446<br>100%  |
| Alto   | Gruppo Sperimentale | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 56<br>59,6%  | 29<br>20,3%  | 85<br>35,9%  |
|        |                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 38<br>40,4%  | 114<br>79,7% | 152<br>64,1% |
|        |                     | Totale                                        |                              | 94<br>100%   | 143<br>100%  | 237<br>100%  |
|        | Gruppo di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 105<br>75,0% | 31<br>25,0%  | 136<br>51,5% |
|        |                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 35<br>25,0%  | 93<br>75,0%  | 128<br>48,5% |
|        |                     | Totale                                        |                              | 140<br>100%  | 124<br>100%  | 264<br>100%  |

$p = .000$

$p = .000$

Dalla relazione con il capitale culturale, emerge che in tutti i segmenti *il far parte del GS produce un cambiamento cognitivo più elevato rispetto a chi appartiene al GC*. Più nel dettaglio, *a parità di gruppo, chi possiede un capitale medio* (il 39,6% del GS e il 19,8% del GC) *e, meglio ancora, alto* (il 40,4% del GS e il 25% del GC), *migliora di più rispetto ad una dotazione culturale di partenza bassa* (il 23,5% del GS e il 13,5% del GC). L'appartenenza al gruppo si manifesta in maniera più marcata in coloro che possiedono un capitale culturale medio, infatti si registra uno scarto percentuale tra i due gruppi del 20,8%.

Per quanto concerne il cambiamento nella direzione di una riduzione cognitiva in tema di radioattività, risulta far parte del livello più intenso di peggioramento chi fa parte del GC e ha un capitale basso (34,2%) o medio (33,8%). Avendo un alto capitale culturale non fa molta differenza appartenere al GS o al GC poiché lo scarto tra i due in questo segmento è ben più contenuto (4,7%). Il contrario accade se si possiede un capitale culturale medio, in cui si registra una differenza di percentuali tra GS e GC del 13%.

Per quanto riguarda la relazione con l'indice tipologico di cambiamento cognitivo:

Tabella 6.4.14 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Capitale culturale

| Capitale culturale |                                            | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                     | Totale       |              |
|--------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
|                    |                                            | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo |              |              |
| Basso              | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 55<br>34,6%         | 59<br>32,1%  | 114<br>33,2% |
|                    |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 26<br>16,4%         | 34<br>18,5%  | 60<br>17,5%  |
|                    |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 12<br>7,5%          | 7<br>3,8%    | 19<br>5,5%   |
|                    |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 6<br>3,8%           | 11<br>6,0%   | 17<br>5,0%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 10<br>6,3%          | 16<br>8,7%   | 26<br>7,6%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi             | 11<br>6,9%          | 8<br>4,3%    | 19<br>5,5%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi            | 11<br>6,9%          | 7<br>3,8%    | 18<br>5,2%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi             | 10<br>6,3%          | 21<br>11,4%  | 31<br>9,0%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi             | 9<br>5,7%           | 14<br>7,6%   | 23<br>6,7%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi            | 9<br>5,7%           | 7<br>3,8%    | 16<br>4,7%   |
|                    | Totale                                     |                                                               | 159<br>100%         | 184<br>100%  | 343<br>100%  |
| Medio              | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 86<br>20,4%         | 127<br>28,5% | 213<br>24,5% |
|                    |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 105<br>24,9%        | 84<br>18,8%  | 189<br>21,8% |
|                    |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 56<br>13,3%         | 12<br>2,7%   | 68<br>7,8%   |
|                    |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 25<br>5,9%          | 32<br>7,2%   | 57<br>6,6%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 33<br>7,8%          | 31<br>7,0%   | 64<br>7,4%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi             | 33<br>7,8%          | 33<br>7,4%   | 66<br>7,6%   |
|                    |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi            | 35<br>8,3%          | 29<br>6,5%   | 64<br>7,4%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi             | 17<br>4,0%          | 36<br>8,1%   | 53<br>6,1%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi             | 16<br>3,8%          | 38<br>8,5%   | 54<br>6,2%   |
|                    |                                            | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi            | 16                  | 24           | 40           |

|                                                    |                                                     |                                                   |       |       |       |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                    |                                                     | 3,8%                                              | 5,4%  | 4,6%  |       |
| Totale                                             |                                                     | 422                                               | 446   | 868   |       |
|                                                    |                                                     | 100%                                              | 100%  | 100%  |       |
| Alto                                               | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                      | 42    | 68    | 110   |
|                                                    |                                                     |                                                   | 17,7% | 25,8% | 22,0% |
|                                                    |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi                     | 76    | 69    | 145   |
|                                                    |                                                     |                                                   | 32,1% | 26,1% | 28,9% |
|                                                    |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto        | 21    | 12    | 33    |
|                                                    |                                                     |                                                   | 8,9%  | 4,5%  | 6,6%  |
|                                                    |                                                     | Forte peggioramento dall'alto verso il basso      | 15    | 17    | 32    |
|                                                    |                                                     |                                                   | 6,3%  | 6,4%  | 6,4%  |
|                                                    |                                                     | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi | 8     | 14    | 22    |
|                                                    |                                                     |                                                   | 3,4%  | 5,3%  | 4,4%  |
|                                                    |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi | 17    | 23    | 40    |
|                                                    |                                                     |                                                   | 7,2%  | 8,7%  | 8,0%  |
| Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 29                                                  | 16                                                | 45    |       |       |
|                                                    | 12,2%                                               | 6,1%                                              | 9,0%  |       |       |
| Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 6                                                   | 23                                                | 29    |       |       |
|                                                    | 2,5%                                                | 8,7%                                              | 5,8%  |       |       |
| Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 14                                                  | 14                                                | 28    |       |       |
|                                                    | 5,9%                                                | 5,3%                                              | 5,6%  |       |       |
| Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 9                                                   | 8                                                 | 17    |       |       |
|                                                    | 3,8%                                                | 3,0%                                              | 3,4%  |       |       |
| Totale                                             |                                                     | 237                                               | 264   | 501   |       |
|                                                    |                                                     | 100%                                              | 100%  | 100%  |       |

*Tabella 6.4.15 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Capitale culturale. Chi-quadro*

| <i>Capitale culturale</i> | <i>Valore</i> | <i>gl</i> | <i>Sig. (2-code)</i> |
|---------------------------|---------------|-----------|----------------------|
| Basso                     | 10,21         | 9         | 0,33                 |
| Medio                     | 56,93         | 9         | 0,00                 |
| Alto                      | 23,99         | 9         | 0,00                 |

Indipendentemente da chi ha ricevuto o meno il trattamento sperimentale, coloro che possiedono un basso capitale culturale tendono a mantenersi sui bassi punteggi (34,6% del GS e 32,1% del GC), mentre chi gode di un elevato capitale culturale si conserva sugli alti (32,1% del GS e 26,1% del GC). Il forte miglioramento viene attribuito a coloro che, avendo ricevuto la lezione sul tema, detengono un capitale culturale medio (13,3% del GS), mentre è il segmento del GC a registrare le percentuali più elevate nel caso di forti regressioni (7,2%). A peggiorare i propri punteggi, seppur debolmente, sono coloro che non ricevono alcun trattamento e possiedono un capitale culturale basso (11,4%).

Il trattamento sperimentale sembra essere maggiormente efficace in coloro che presentano un capitale culturale medio poiché lo scarto tra GS e GC nell'area del forte miglioramento è pari al 10,6%. Ben più contenuta è la differenza tra i due gruppi in coloro che detengono un capitale

basso (3,7% di scarto). Si può legittimamente concludere che *il trattamento sperimentale sembra aver prodotto una significativa discriminazione in coloro che hanno un capitale medio*.

Le sfumature che tale indice riesce a cogliere rispetto al precedente permettono di definire meglio la situazione nel GC: chi detiene un medio capitale culturale, che nel GS rappresenta la categoria che manifesta il miglioramento più marcato, registra un forte peggioramento verso i bassi punteggi (7,2%); chi ha un capitale culturale alto è stabile sugli alti punteggi (26,1%) e chi ha un *background* familiare basso oltre a mantenersi stabile sui bassi punteggi (32,1%), mostra anche una percentuale nell'area del forte miglioramento (3,8%).

In base ai tre *indici di miglioramento cognitivo*:

*Tabella 6.4.16 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Capitale culturale*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |        | Capitale culturale | Indice di miglioramento cognitivo 1 | Indice di miglioramento cognitivo 2 | Indice di miglioramento cognitivo 3 |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                           | Basso  |                    | 119,4                               | 8,8                                 | 54,4                                |
|                                                               | Medio  |                    | 173,8                               | 26,9                                | 63,5                                |
|                                                               | Alto   |                    | 155,2                               | 21,6                                | 60,8                                |
|                                                               | Totale |                    | 155,9                               | 21,9                                | 60,9                                |
| Gruppo di Controllo                                           | Basso  |                    | 91,9                                | -4,2                                | 47,9                                |
|                                                               | Medio  |                    | 83,6                                | -9,0                                | 45,5                                |
|                                                               | Alto   |                    | 88,5                                | -6,1                                | 47,0                                |
|                                                               | Totale |                    | 86,7                                | -7,2                                | 46,4                                |

Coloro i quali hanno ricevuto il doppio stimolo del pretest e della lezione detengono un capitale culturale medio, ottengono i valori di miglioramento cognitivo più elevati in tutti gli indici costruiti, seguiti da chi ha un capitale culturale alto che, come visto poco sopra, di partenza risulta più preparato. I dati relativi al GC confermano le risultanze emerse dall'indice tipologico: coloro che possiedono un basso capitale culturale, ottengono gli indici di miglioramento più elevato.

#### *6.4.5 Il fattore di contesto "genere"*

Infine si considera il "genere" come variabile contestuale in grado di specificare la relazione tra trattamento sperimentale ed esito dello stesso. L'ipotesi che guida l'analisi consiste nel fatto che le femmine migliorano più dei maschi in quanto numerose teorie confermano una maggiore predisposizione del genere femminile all'apprendimento (cfr. Maccoby, Jacklin, 1974; Colombo, 2003). Di seguito si espone la tabella che descrive la connessione con l'*indice di cambiamento cognitivo per somma*:

*Tabella 6.4.17 – Connessione tra l'indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Genere*

| Genere  | Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale/di Controllo |                                               | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T1) |                          | Totale        |
|---------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------|
|         |                                                               |                                               | fino a 23 risposte corrette                   | da24a40risposte corrette |               |
| Maschio | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 166<br>69,17%            | 227<br>46,52% |
|         |                                                               |                                               | da24a42risposte corrette                      | 61<br>24,60%             | 261<br>53,48% |
|         |                                                               | Totale                                        | 240<br>100%                                   | 248<br>100%              | 488<br>100%   |
|         | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 181<br>77,68%            | 248<br>51,56% |
|         |                                                               |                                               | da24a42risposte corrette                      | 67<br>27,02%             | 233<br>48,44% |
|         |                                                               | Totale                                        | 233<br>100%                                   | 248<br>100%              | 481<br>100%   |
| Femmina | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 117<br>60,62%            | 143<br>40,63% |
|         |                                                               |                                               | da24a42risposte corrette                      | 26<br>16,35%             | 209<br>59,38% |
|         |                                                               | Totale                                        | 193<br>100%                                   | 159<br>100%              | 352<br>100%   |
|         | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette                   | 217<br>83,14%            | 280<br>66,04% |
|         |                                                               |                                               | da24a42risposte corrette                      | 63<br>38,65%             | 144<br>33,96% |
|         |                                                               | Totale                                        | 261<br>100%                                   | 163<br>100%              | 424<br>100%   |

$p = .000$

$p = .000$

*Il far parte del GS consente un miglioramento cognitivo indipendentemente dall'essere maschi o femmine;* infatti, entrambi i sessi evidenziano un aumento delle risposte corrette, rispetto ai ragazzi e le ragazze del GC. Indagando la prospettiva di genere a prescindere all'appartenere ai gruppi di ricerca, emerge che le percentuali si equivalgono, con una leggera superiorità delle ragazze (56,24% contro 53,15%).

Incrociando le categorie di tutte le variabili considerate si riscontra che nel GS risultano migliori le studentesse (39,38% contro 30,83%), mentre nel GC accade esattamente il contrario con un incremento cognitivo più marcato negli studenti (22,32% contro 16,86%).

Nell'area dei peggioramenti sono le ragazze a detenere il primato di peggioramenti più contenuti nel GS e di regressione più evidente nel GC (rispettivamente 16,35% e 38,65%). Quindi il genere femminile presenta il *gap* più evidente in base all'appartenenza al gruppo e ciò consente di concludere che *laddove c'è un intervento formativo le ragazze capaci di apprendere migliorano più dei maschi, quando invece tale lezione non si verifica il genere maschile ottiene risultati migliori in termini di incremento delle conoscenze.*

Indagando la relazione con l'*indice tipologico di cambiamento cognitivo*:

*Tabella 6.4.18 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Genere*

| Genere  |                                            | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                     | Totale                     |
|---------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|
|         |                                            | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo |                            |
| Maschio | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 113<br>23,2%        | 120<br>24,9%<br>24,0%      |
|         |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 123<br>25,2%        | 126<br>26,2%<br>25,7%      |
|         |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 46<br>9,4%          | 22<br>4,6%<br>7,0%         |
|         |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 36<br>7,4%          | 34<br>7,1%<br>7,2%         |
|         |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 29<br>5,9%          | 25<br>5,2%<br>5,6%         |
|         |                                            | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi             | 28<br>5,7%          | 30<br>6,2%<br>6,0%         |
|         |                                            | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi            | 48<br>9,8%          | 32<br>6,7%<br>8,3%         |
|         |                                            | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi             | 24<br>4,9%          | 36<br>7,5%<br>6,2%         |
|         |                                            | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi             | 25<br>5,1%          | 33<br>6,9%<br>6,0%         |
|         |                                            | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi            | 16<br>3,3%          | 23<br>4,8%<br>4,0%         |
|         |                                            | Totale                                                        | 488<br>100%         | 481<br>100%<br>969<br>100% |
| Femmina | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  | 79<br>22,4%         | 138<br>32,5%<br>28,0%      |
|         |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 | 85<br>24,1%         | 63<br>14,9%<br>19,1%       |
|         |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    | 44<br>12,5%         | 9<br>2,1%<br>6,8%          |
|         |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  | 11<br>3,1%          | 28<br>6,6%<br>5,0%         |
|         |                                            | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi             | 25<br>7,1%          | 35<br>8,3%<br>7,7%         |

|                                                    |             |             |             |
|----------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 32<br>9,1%  | 35<br>8,3%  | 67<br>8,6%  |
| Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 30<br>8,5%  | 21<br>5,0%  | 51<br>6,6%  |
| Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 13<br>3,7%  | 44<br>10,4% | 57<br>7,3%  |
| Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 15<br>4,3%  | 35<br>8,3%  | 50<br>6,4%  |
| Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 18<br>5,1%  | 16<br>3,8%  | 34<br>4,4%  |
| Totale                                             | 352<br>100% | 424<br>100% | 776<br>100% |

*Tabella 6.4.19 –Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Genere.  
Chi-quadro*

| Genere  | Valore | gl | Sig. (2-code) |
|---------|--------|----|---------------|
| Maschio | 17,05  | 9  | 0,05          |
| Femmina | 72,14  | 9  | 0,00          |

All'interno del sottogruppo dei maschi non emergono grossi divari tra GS e GC tra le modalità dell'indice tipologico; l'unica differenza significativa emerge nell'area del forte miglioramento, in cui si assiste ad uno scarto percentuale di 4,85% a favore del GS. Molto più marcata appare la differenza nel genere femminile: il 12,5% delle ragazze che hanno ricevuto il trattamento sperimentale registra forti miglioramenti rispetto al 2,12% di coloro che hanno effettuato solo il pretest. Tra le ragazze dunque sembra aver attecchito con più efficacia l'intervento formativo. In effetti lo scarto sui forti miglioramenti tra maschi e femmine appartenenti al GS è pari al 7,30% a favore delle ragazze, mentre molto meno evidente è la differenza di genere nel GC, di 2,26% a favore dei maschi.

*Tabella 6.4.20 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Genere*

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |         | Indice di miglioramento cognitivo 1 | Indice di miglioramento cognitivo 2 | Indice di miglioramento cognitivo 3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                           | Maschio | 139,0                               | 11,4                                | 58,2                                |
|                                                               | Femmina | 185,2                               | 25,5                                | 64,9                                |
|                                                               | Totale  | 156,6                               | 17,3                                | 61,0                                |
| Gruppo di Controllo                                           | Maschio | 104,6                               | 2,3                                 | 51,1                                |
|                                                               | Femmina | 67,9                                | -19,1                               | 40,5                                |
|                                                               | Totale  | 85,6                                | -7,8                                | 46,1                                |

In generale si conferma il maggior successo in termini di acquisizione delle conoscenze in tema di radiazioni per il GS a prescindere dalle differenze di genere. Tutti e tre gli indici di miglioramento cognitivo sono concordi nel dimostrare che *le ragazze del GS ottengono maggior successo rispetto ai ragazzi, mentre il contrario accade nel GC*. Anche tali misure confermano il forte scarto tra le

performance delle ragazze del GS e del GC: le studentesse danno i migliori risultati se ricevono una lezione formativa, altrimenti risultano più preparati i maschi. Ciò conferma le principali teorie dell'apprendimento in base alle quali il genere femminile tende ad acquisire conoscenze in quantità e qualità maggiori (cfr. Eurydice, 2010); inoltre in assenza dello stimolo della lezione formativa, il miglioramento più marcato dei ragazzi del GC è spiegato in relazione alla loro maggiore predisposizione nei confronti di tematiche scientifiche e tecniche come quella oggetto di indagine (cfr. *ibidem*).

#### 6.4.6 Il fattore di meccanismo "approfondimento personale"

In base al modello dell'interpretazione precedentemente descritto (paragrafo 3.1.2.1) si prende in considerazione il fattore di meccanismo denominato "approfondimento personale" sul tema della radioattività nei 15 giorni antecedenti alla seconda rilevazione. L'ipotesi in gioco in questo caso è che gli appartenenti al GS che hanno deciso di informarsi autonomamente amplificheranno l'effetto del doppio stimolo; tuttavia la differenza rispetto a chi ha solo effettuato il pretest deve tenere, pena l'invalidità dell'esperimento. La decisione di approfondire è un comportamento messo in atto da una predisposizione antecedente all'esperimento ma che viene da esso eventualmente attivata. Si esamina tale relazione attraverso l'*indice di cambiamento cognitivo per somma*:

Tabella 6.4.21 – Connessione tra l'indice di cambiamento cognitivo per somma e la variabile Approfondimento personale

| Approfondimento personale | Appartenenza della scuola al gruppo Sperimentale/di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T1) |                              | Totale       |              |              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                           |                                                               | fino a 23 risposte corrette                   | da24a40 risposte corrette    |              |              |              |
| No                        | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 244<br>66,7% | 70<br>21,9%  | 314<br>45,8% |
|                           |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 122<br>33,3% | 250<br>78,1% | 372<br>54,2% |
|                           |                                                               | Totale                                        |                              | 366<br>100%  | 320<br>100%  | 686<br>100%  |
|                           | Gruppo di Controllo                                           | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 371<br>80,8% | 115<br>32,7% | 486<br>59,9% |
|                           |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 88<br>19,2%  | 237<br>67,3% | 325<br>40,1% |
|                           |                                                               | Totale                                        |                              | 459<br>100%  | 352<br>100%  | 811<br>100%  |
| Sì                        | Gruppo Sperimentale                                           | Indice di cambiamento cognitivo per           | fino a 23 risposte corrette  | 38<br>55,1%  | 15<br>19,0%  | 53<br>35,8%  |
|                           |                                                               |                                               | da 24 a 42 risposte          | 31           | 64           | 95           |

|                     |                                               |                              |       |       |       |
|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
|                     | somma(T2)                                     | corrette                     | 44,9% | 81,0% | 64,2% |
|                     | Totale                                        |                              | 69    | 79    | 148   |
|                     |                                               |                              | 100%  | 100%  | 100%  |
| Gruppo di Controllo | Indice di cambiamento cognitivo per somma(T2) | fino a 23 risposte corrette  | 21    | 10    | 31    |
|                     |                                               |                              | 80,8% | 19,6% | 40,3% |
|                     |                                               | da 24 a 42 risposte corrette | 5     | 41    | 46    |
|                     |                                               |                              | 19,2% | 80,4% | 59,7% |
|                     | Totale                                        |                              | 26    | 51    | 77    |
|                     |                                               |                              | 100%  | 100%  | 100%  |

$p = .000$

$p = .000$

Utilizzando il fattore di meccanismo di approfondimento personale, si constata che chi ha ricevuto il doppio stimolo approfondisce in misura maggiore rispetto a chi ha effettuato solo il pretest: 148 studenti del GS ricercano informazioni supplementari, mentre circa la metà (77) sono coloro che all'interno del GC dichiarano il loro comportamento di approfondimento. All'interno del GS chi approfondisce aumenta le proprie conoscenze di più rispetto a chi non si informa (il 44,9% contro il 33,3%). Il cambiamento cognitivo in termini di successo nel GC risulta indipendente dall'aver o meno approfondito in maniera autonoma il tema (19,2% in entrambe le situazioni), tuttavia sembra limitare le regressioni del sottocampione: il 32,7% di chi non si informa peggiora, mentre solo il 19,6% di chi autonomamente approfondisce il tema presenta un aumento di risposte sbagliate. In generale *migliora* di più chi fa parte del GS, indipendentemente dall'essersi informati autonomamente e questo conferma la validità dell'esperimento e dell'ipotesi del fattore utilizzato come *variabile di meccanismo che funge da amplificatore di un effetto che esiste anche in assenza di esso*.

Per quanto riguarda l'incrocio con l'indice tipologico di cambiamento cognitivo:

*Tabella 6.4.22 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Approfondimento personale*

| Approfondimento personale |                                            | Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo |                     | Totale |
|---------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------|--------|
|                           |                                            | Gruppo Sperimentale                                           | Gruppo di Controllo |        |
| No                        | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | Stabilità sui bassi punteggi                                  |                     | 398    |
|                           |                                            | 164                                                           | 234                 | 398    |
|                           |                                            | 23,9%                                                         | 28,9%               | 26,6%  |
|                           |                                            | Stabilità sugli alti punteggi                                 |                     | 319    |
| No                        | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | 158                                                           | 161                 | 319    |
|                           |                                            | 23,0%                                                         | 19,9%               | 21,3%  |
|                           |                                            | Forte miglioramento dal basso verso l'alto                    |                     | 99     |
|                           |                                            | 70                                                            | 29                  | 99     |
| No                        | Indice tipologico di cambiamento cognitivo | 10,2%                                                         | 3,6%                | 6,6%   |
|                           |                                            | Forte peggioramento dall'alto verso il basso                  |                     | 93     |
|                           |                                            | 36                                                            | 57                  | 93     |
|                           |                                            | 5,2%                                                          | 7,0%                | 6,2%   |

|    |                                                     |                                                    |             |             |               |
|----|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| Sì | Indice<br>tipologico di<br>cambiamento<br>cognitivo | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 49<br>7,1%  | 57<br>7,0%  | 106<br>7,1%   |
|    |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 52<br>7,6%  | 59<br>7,3%  | 111<br>7,4%   |
|    |                                                     | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 63<br>9,2%  | 43<br>5,3%  | 106<br>7,1%   |
|    |                                                     | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 31<br>4,5%  | 80<br>9,9%  | 111<br>7,4%   |
|    |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 34<br>5,0%  | 58<br>7,2%  | 92<br>6,1%    |
|    |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 29<br>4,2%  | 33<br>4,1%  | 62<br>4,1%    |
|    |                                                     | Totale                                             | 686<br>100% | 811<br>100% | 1.497<br>100% |
|    |                                                     | Stabilità sui bassi punteggi                       | 27<br>18,2% | 19<br>24,7% | 46<br>20,4%   |
|    |                                                     | Stabilità sugli alti punteggi                      | 45<br>30,4% | 26<br>33,8% | 71<br>31,6%   |
|    |                                                     | Forte miglioramento dal basso verso l'alto         | 22<br>14,9% | 1<br>1,3%   | 23<br>10,2%   |
|    |                                                     | Forte peggioramento dall'alto verso il basso       | 10<br>6,8%  | 3<br>3,9%   | 13<br>5,8%    |
|    |                                                     | Debole miglioramento nell'area dei bassi punteggi  | 5<br>3,4%   | 1<br>1,3%   | 6<br>2,7%     |
|    |                                                     | Debole miglioramento dai bassi agli alti punteggi  | 9<br>6,1%   | 4<br>5,2%   | 13<br>5,8%    |
|    |                                                     | Debole miglioramento nell'area degli alti punteggi | 15<br>10,1% | 9<br>11,7%  | 24<br>10,7%   |
|    |                                                     | Debole peggioramento nell'area dei bassi punteggi  | 6<br>4,1%   | 1<br>1,3%   | 7<br>3,1%     |
|    |                                                     | Debole peggioramento dagli alti ai bassi punteggi  | 5<br>3,4%   | 7<br>9,1%   | 12<br>5,3%    |
|    |                                                     | Debole peggioramento nell'area degli alti punteggi | 4<br>2,7%   | 6<br>7,8%   | 10<br>4,4%    |
|    |                                                     | Totale                                             | 148<br>100% | 77<br>100%  | 225<br>100%   |

Tabella 6.4.23 – Connessione tra l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e la variabile Approfondimento personale. Chi-quadro

| Approfondimento<br>personale | Valore | gl | Sig. (2-code) |
|------------------------------|--------|----|---------------|
| No                           | 56,99  | 9  | 0,00          |
| Sì                           | 19,33  | 9  | 0,02          |

Le differenze più marcate tra chi approfondisce personalmente il tema della radioattività e chi non lo fa si riscontrano nella stabilità sugli alti e sui bassi punteggi del GS: nel primo caso chi si informa si mantiene costante sugli alti punteggi (30,4%), mentre chi non adotta tale comportamento continua a conservarsi sui bassi punteggi (23,9%). Ciò sta indicare che, a parità di stimolo rappresentato dall'intervento formativo, *chi decide di indagare l'argomento anche autonomamente, amplifica l'effetto della lezione*. Ciò viene confermato ed è ancora più evidente

nell'area del forte miglioramento che determina uno scarto percentuale del 4,7% tra chi approfondisce e chi no. Quasi specularmente nel GC accade che chi non si informa sul tema peggiora fortemente la propria *performance* nella seconda rilevazione (7%) rispetto a coloro che hanno appreso personalmente nozioni relative alla radioattività (3,9%). Anche la stabilità sugli alti punteggi risulta prerogativa di chi indaga per proprio conto il tema in questione (33,8%), determinando una significativa differenza rispetto a chi non lo fa (13,9% di scarto).

In relazione alla differenza tra chi ha ricevuto o meno il trattamento, si evince che laddove si è verificato un approfondimento personale dei ragazzi, la lezione impartita dai tecnici ha sortito un effetto maggiore: la differenza tra GS e GC in chi si è informato è pari al 13,6%, mentre nel segmento di coloro che non sono stati interessati a studiare per conto proprio l'argomento è pari al 6,6%. Questo risultato *conferma l'ipotesi secondo la quale il fattore approfondimento costituisce una variabile amplificatrice dell'effetto del trattamento sperimentale*.

Infine si presenta la relazione del fattore attraverso gli *indici di miglioramento cognitivo*:

*Tabella 6.4.24 – Connessione tra gli indici di miglioramento cognitivo e la variabile Approfondimento personale*

| <i>Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo</i> |        | <i>Approfondimento personale</i> | <i>Indice di miglioramento cognitivo 1</i> | <i>Indice di miglioramento cognitivo 2</i> | <i>Indice di miglioramento cognitivo 3</i> |
|----------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Gruppo Sperimentale                                                  | No     |                                  | 151,6                                      | 20,5                                       | 60,3                                       |
|                                                                      | Sì     |                                  | 204,4                                      | 34,3                                       | 67,2                                       |
|                                                                      | Totale |                                  | 159,6                                      | 23,0                                       | 61,5                                       |
| Gruppo di Controllo                                                  | No     |                                  | 84,2                                       | -8,6                                       | 45,7                                       |
|                                                                      | Sì     |                                  | 109,1                                      | 4,3                                        | 52,2                                       |
|                                                                      | Totale |                                  | 86,1                                       | -7,5                                       | 46,3                                       |

Sia nel GS che nel GC chi decide di informarsi per conto proprio sul tema della radioattività nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione mostra risultati di miglioramento delle conoscenze più significativi rispetto a chi non si informa.

A parità di approfondimento, coloro che ricevono la lezione da parte dei tecnici, ottengono valori più elevati. Anche in questo caso si conferma l'ipotesi secondo la quale l'approfondimento rappresenta un amplificatore dell'efficacia della campagna informativa.

A conclusione del paragrafo si tirano le somme dei risultati conseguiti alla luce dei modelli della specificazione e dell'interpretazione realizzati dai quali si desume che i fattori di contesto specificano ulteriormente laddove il trattamento sperimentale risulta aver attecchito in maniera più forte. Tuttavia tale approfondimento non inficia la relazione tra lo stimolo e l'esito in quanto si

dimostra che il *legame tra X e Y tende a mantenersi sempre*. Al di là dei particolari sottogruppi di volta in volta creati la differenza tra GS e GC emerge sempre nella direzione di un miglioramento più marcato del primo. Poteva riscontrarsi, come talvolta accade, che il programma sperimentale desse effetti positivi in generale ma analizzando entro particolari target la relazione si annullasse; in realtà l'inserimento di terze variabili tra X e Y ha permesso di avvalorare l'efficacia dell'esperimento.

## 6.5 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'Anova one way

Un altro modo per analizzare il cambiamento cognitivo prevede l'utilizzo di una classe di modelli lineari di analisi dei dati comunemente nota con il termine di *Analisi della Varianza (Anova)*, un insieme di *tecniche classiche con dati sperimentali* che consentono di confrontare probabilisticamente due o più medie ottenute in situazioni diverse e arrivare a decidere globalmente *se esista o meno l'influenza della variabile indipendente X, o fattore, sulla variabile dipendente Y*. Per controllare che la variabile X abbia un effetto sulla variabile Y, basta dimostrare che esista tra le due una relazione, ovvero che le medie campionarie siano statisticamente associate tra loro e provengano da una stessa popolazione.

Per ciascuna applicazione che seguirà si è usciti dalla definizione classica di mutamento sincronico (paragrafo 4.2) come confronto simultaneo tra i soggetti appartenenti allo stesso gruppo, quindi esposti alle stesse condizioni. In questo caso si farà riferimento ad un *concetto di cambiamento cognitivo* da cui trae origine e vocazione la tecnica dell'Anova, che prevede il *confronto nello stesso istante temporale tra soggetti appartenenti a gruppi diversi*. Si tratterà di andare ad esaminare il comportamento di ciascun gruppo in relazione al test di competenza e controllare se le differenze siano staticamente significative o meno.

### 6.5.1 La tecnica

Il principio generale si basa sulla *scomposizione della variabilità totale* dei dati in due parti: una dovuta alla differenza tra i gruppi implicati, detta variabilità tra i gruppi (*variabilità between*), attribuibile principalmente alla variabile indipendente, e una attribuita alla *variabilità casuale o entro i gruppi (variabilità within)*, determinata dalla fluttuazione dovuta dell'errore casuale o alle differenze soggettive dei casi osservati. L'anova risponde alla domanda: la variabilità *between* è sufficientemente diversa dalla variabilità *within* da poter considerare significativamente diverse le medie dei due (o più) gruppi? Se la scomposizione della variabilità totale mette in evidenza una variabilità *between* maggiore di quella *within*, scelto un intervallo di confidenza, l'ipotesi nulla  $H_0$

di assenza di relazione tra il fattore e la variabile dipendente potrà essere rifiutata dal momento che le due stime della variabilità saranno significativamente diverse dal parametro della popolazione. Statisticamente il confronto tra le due variabilità è rappresentato dal *rapporto F di Fisher*, la cui formula è la seguente:

$$F = \frac{\text{var}B}{\text{var}W}$$

Il rapporto F confronta la prevista varianza tra i soggetti con la varianza d'errore riferita alla variabilità sconosciuta e imprevedibile. Di questo test è nota la distribuzione campionaria che consente di verificare se il valore critico è inferiore o maggiore del valore di F ottenuto. Nel caso in cui il valore F sia uguale o maggiore del valore critico di F ( $\leq 0,05$ ), l'ipotesi nulla sarà respinta.

Il *modello di base* dell'anova è esprimibile, nel caso vi sia un'unica variabile indipendente, tramite la seguente espressione lineare:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \text{ in cui:}$$

$\mu$  è la media generale dei punteggi del campione complessivo;

$\alpha_i$  è l'effetto dovuto al trattamento (livello  $i$  della variabile indipendente);

$\varepsilon_{ij}$  è una componente residua di errore casuale specifica per ogni soggetto. Essa dipende da diversi fattori come le differenze individuali tra i soggetti, l'errore di specificazione del modello, l'inattendibilità delle misure.

Le *ipotesi formulate* sono le seguenti:

- *ipotesi nulla*  $H_0$ , che si attende che il punteggio medio dei soggetti di un gruppo sia *uguale* al punteggio medio dei soggetti dell'altro gruppo:  $\mu_1 = \mu_2$ ;
- *ipotesi alternativa*  $H_1$ , che prevede una differenza statisticamente significativa tra le medie delle sottopopolazioni determinata dal fattore considerato, ossia i punteggi dei soggetti di un gruppo saranno distribuiti diversamente rispetto a quelli dell'altro gruppo:  $\mu_1 \neq \mu_2$ .

In linea di principio il modello richiede che vengano controllate le seguenti *assunzioni* affinché i risultati dell'analisi possano essere interpretati in maniera adeguata e affidabile:

- *l'indipendenza delle osservazioni e degli errori* che può essere considerata "vera" a priori se si può assumere che se i soggetti vengono esaminati individualmente e l'assegnazione dei

soggetti alle condizioni viene eseguita in modo casuale. Nel presente caso è garantita l'assegnazione casuale del trattamento ma non l'individualità della sua somministrazione;

- la *normalità della distribuzione delle variabili*, che viene valutata attraverso numerosi metodi statistici tra i quali si ricordano gli indici di asimmetria e curtosi, i test di *Kolmogorov-Smirnov* e di *Shapiro-Wilk*, l'ispezione dei grafici dei quantili Q-Q plot e di normalità detrendizzato, gli istogrammi, i diagrammi a foglia, ecc. Dal momento che ognuno di questi metodi ha vantaggi e svantaggi, non ne esiste uno migliore in assoluto. Solitamente si arriva ad un giudizio finale attraverso l'analisi congiunta di più criteri. In linea di principio la soddisfazione di tale assunto è importante, tuttavia è tollerata una certa difformità rispetto ad esso poiché l'azione sulle conclusioni appare debole: il livello di probabilità varia dell'1% o del 2% (cfr. Viganò, 2002, p. 346);
- l'*omoschedasticità*, ovvero della omogeneità *delle varianze nei due gruppi*, per la quale si fa ricorso al *test di Levene*. È importante sottolineare che la F è robusta anche in presenza di eteroschedasticità. Molteplici studi indicano che differenze considerevoli delle varianze nelle popolazioni non alterano in maniera significativa i risultati (cfr. *ibidem*, p. 347).

È possibile classificare i diversi modelli di anova in base al numero di variabili indipendenti e dipendenti: i modelli che riguardano una sola variabile indipendente vengono definiti *disegni a una via* (anova *one-way*); i modelli che prevedono due o più variabili indipendenti vengono chiamati *disegni fattoriali*; i modelli che considerano una sola variabile dipendente definiscono un'*analisi della varianza univariata*; infine, i modelli che prevedono due o più variabili dipendenti vengono detti *analisi della varianza multivariata (manova)*.

Nei paragrafi che seguono si illustrano le *diverse applicazioni di anova one-way e di anova fattoriale*.

#### 6.5.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso il fattore "appartenenza al gruppo"

In *primis* ci si è avvalsi per l'analisi del cambiamento cognitivo del modello di *Analisi della varianza a una via* poiché si è in presenza di un solo *fattore* rappresentato dall'"*appartenenza al gruppo*". Si tratta di un disegno tra soggetti o tra gruppi indipendenti poiché ad ogni trattamento o condizione che rappresenta le modalità della variabile indipendente corrisponde un diverso gruppo di soggetti. Avendo a disposizione il livello di conoscenze sul tema sia prima che dopo l'esposizione allo stimolo rilevate dal test di competenza e sintetizzate negli indici per somma a T1 e T2, verranno condotte *due anova one-way* in modo da controllare la presenza di eventuali cambiamenti temporali in entrambi i gruppi.

Ci si attende che nel primo caso la suddivisione del campione nei due gruppi non produca alcuna differenza tra gli stessi per il fatto di essere stata effettuata in maniera casuale, nel secondo caso il fattore “appartenenza al gruppo” si traduce nell’esposizione o meno allo stimolo e in questa situazione ci si aspettano differenze statisticamente significative tra i gruppi interpretabili come effetto dell’intervento sperimentale. In linea di principio, le ipotesi formulate sia nel caso in cui la variabile dipendente sia il test di competenza al pretest, che nel caso in cui sia il test di competenza al posttest, sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$ : i due gruppi suddivisi in sperimentale e controllo dal fattore “appartenenza al gruppo” avranno la stessa media di punteggi al test di competenza:

$$\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}} ;$$

- ipotesi alternativa  $H_1$ : il fattore “appartenenza al gruppo” produce differenze statisticamente significative tra i punteggi medi dei due gruppi sperimentale e di controllo:

$$\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}} ;$$

Per quanto riguarda la prima analisi, si considera come fattore l’appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo e come variabile dipendente le conoscenze al tema di radiazioni nel pretest. Si riportano i risultati sulle valutazioni delle assunzioni, in particolare i valori di asimmetria e curtosi, i test di *Kolmogorov-Smirnov* e di *Shapiro-Wilk*, il test di *Levene*, l’istogramma, il grafico dei quantili Q-Q e di normalità detrendizzato dell’indice per somma del test di competenza a T1:

*Tabella 6.5.1 - Indici di Asimmetria e Curtosi*

|            | Statistiche | Errore standard |
|------------|-------------|-----------------|
| Asimmetria | -0,56       | 0,06            |
| Curtosi    | 0,41        | 0,12            |

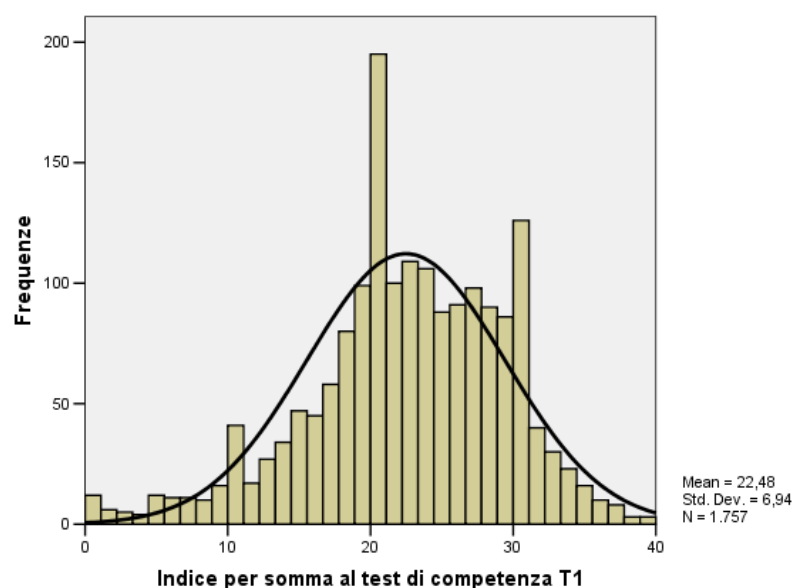
I valori dell’asimmetria e della curtosi sono compresi tra  $\pm 1$  e ciò indica che la non normalità *non* è fonte di distorsioni gravi.

*Tabella 6.5.2 – Test di normalità*

|                                              | <i>Kolmogorov-Smirnov</i> |      |      | <i>Shapiro-Wilk</i> |      |      |
|----------------------------------------------|---------------------------|------|------|---------------------|------|------|
|                                              | Statistica                | gl   | Sig. | Statistica          | gl   | Sig. |
| Indice per somma del test di competenza a T1 | 0,06                      | 1757 | 0,00 | 0,98                | 1757 | 0,00 |

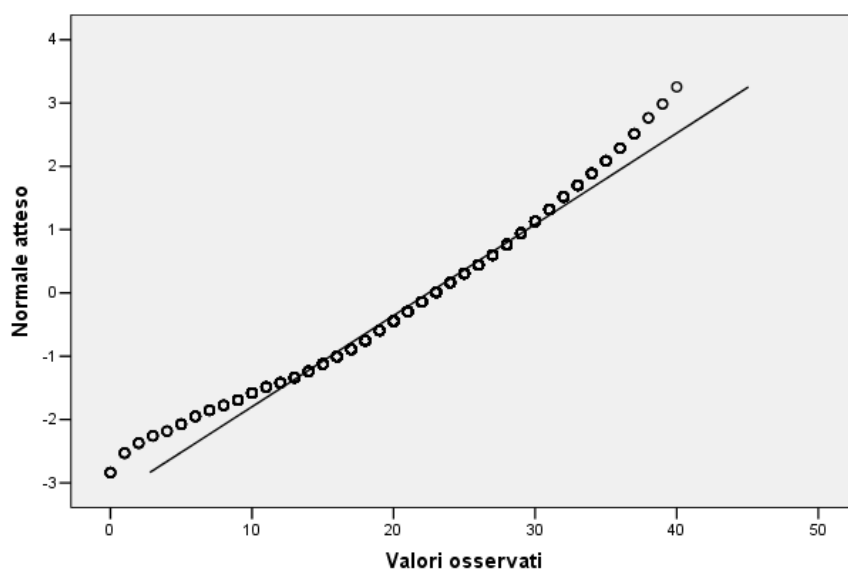
I test di *Kolmogorov-Smirnov* e di *Shapiro-Wilk* esaminano l’ipotesi nulla che la distribuzione sia normale. Se risultano significativi, la distribuzione non è normale. «Sono test molto potenti che consentono di rifiutare troppo spesso l’ipotesi nulla» (Barbaranelli, 2007 p. 98). La significatività del presente caso indica dunque la non normalità della distribuzione.

Grafico 6.5.1 – Istogramma dell'indice per somma del test di competenza a T1



L'istogramma rappresenta la distribuzione di frequenza delle categorie dell'indice per somma del test di competenza a T1 supposto nella presente analisi come variabile dipendente. Dalla rappresentazione si evince che la variabile si presta ad un'interpretazione di normalità della distribuzione riproducendo moderatamente la forma campanulare.

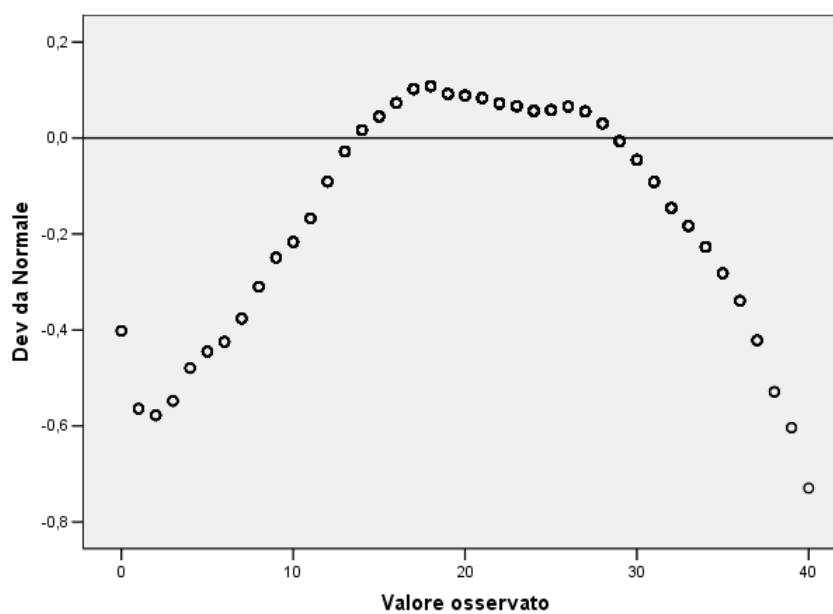
Grafico 6.5.2 – Grafico di normalità Q-Q dell'indice per somma del test di competenza a T1



L'esame grafico di normalità Q-Q confronta i quantili della distribuzione della variabile rispetto a quelli della distribuzione normale. In particolare, sull'asse delle ascisse vengono riportati i valori osservati della variabile considerata e in ordinata i valori attesi della normale standardizzata. Se la

variabile si distribuisce in forma normale, i punti sono addensati sulla diagonale, mentre il sospetto di non normalità viene suggerito da un andamento non rettilineo. Il presente grafico mostra un addensamento di punti sulla diagonale per parte dei valori osservati, evidenziando un certo distacco da essa nei valori estremi della distribuzione.

*Grafico 6.5.3 – Grafico di normalità Q-Q detrendizzato dell'indice per somma del test di competenza a T1*



Nel *grafico detrendizzato* i valori osservati in ascissa vengono messi in relazione con gli scarti in ordinata tra i valori osservati standardizzati e i valori corrispondenti attesi sotto l'assunzione che la distribuzione sia normale. In una distribuzione normale gli scarti dovrebbero disporsi intorno ad una linea orizzontale che passa per lo zero e dovrebbero assumere un andamento casuale. Nella distribuzione osservata i valori della variabile non sembrano assumere un andamento casuale ma si dispongono in modo più strutturato formando una curva tra i valori in ordinata -0,7 e +0,1.

*Tabella 6.5.3 – Test di Levene*

| <i>F</i> | <i>gl1</i> | <i>gl2</i> | <i>Sig.</i> |
|----------|------------|------------|-------------|
| 5,68     | 1          | 1755       | 0,02        |

Il *test di Levene* soppesa la differenza tra le varianze, ossia verifica l'incidenza dell'errore standard nella differenza tra i due valori medi in nostro possesso, ipotizzando che i due sottogruppi provengano da popolazioni aventi uguale varianza della popolazione dalla quale il campione si presume sia stato estratto. Nel caso in cui il test risulti significativo, le varianze saranno eterogenee; diversamente per valori di  $p \geq 0,05$  l'ipotesi nulla potrà essere accettata e le varianze

considerate uguali. Nel presente caso, il test presenta una probabilità pari a 0,02: dato che è significativo, possiamo ritenere che vi sia eterogeneità delle varianze.

Dalla valutazione di tali risultati emerge che *i dati disponibili osservano con qualche difficoltà gli assunti. Le analisi condotte non perdono di significatività, tuttavia si richiede prudenza nell'interpretare le conclusioni.*

Si espongono di seguito le tabelle che illustrano le *analisi descrittive* relative ai due campioni esaminati e il *test di Anova*:

Tabella 6.5.4 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo | N    | Media | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|------|-------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
|                                                               |      |       |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | 845  | 22,49 | 7,26                | 22,00                                        | 22,99            |
| Gruppo di Controllo                                           | 912  | 22,46 | 6,63                | 22,03                                        | 22,90            |
| Totale                                                        | 1757 | 22,48 | 6,94                | 22,15                                        | 22,80            |

Nella tabella delle analisi descrittive, oltre al totale dei casi, alle medie, alle deviazioni standard, sono riportati anche i limiti degli intervalli di confidenza per la media della popolazione al 95%. Già da questo primo sguardo si evince che le medie dei due gruppi sono molto simili. Inoltre gli intervalli di confidenza delle due popolazioni si sovrappongono (per il GS l'intervallo è compreso tra 22 e 22,99, per il GC l'intervallo varia tra 22,03 e 22,90). Si può concludere asserendo che *non c'è differenza tra le popolazioni di riferimento, quindi il fattore non produce un effetto di discriminazione tra i due gruppi.*

Tabella 6.5.5 – Risultati dell'Analisi della Varianza a una via

|              | Somma dei quadrati | gl   | Media dei quadrati | F    | Sig. | Eta quadrato parziale |
|--------------|--------------------|------|--------------------|------|------|-----------------------|
| Fra gruppi   | 0,39               | 1    | 0,39               | 0,01 | 0,93 | 0,00                  |
| Entro gruppi | 84576,10           | 1755 | 48,19              |      |      |                       |
| Totale       | 84576,49           | 1756 |                    |      |      |                       |

La tabella riporta il test *omnibus* che esamina l'ipotesi nulla di omogeneità tra le medie. I valori si riferiscono alla somma dei quadrati (devianza) tra ed entro i gruppi, ai relativi gradi di libertà, alla media dei quadrati tra ed entro i gruppi (varianza), al valore di F e al suo livello di probabilità. I risultati indicano che, com'era da aspettarsi, *la variazione dovuta all'appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo, non risulta significativa.* Si riporta anche il valore dell'eta quadro

parziale che stima la dimensione dell'effetto della X sulla Y: coerentemente con l'assenza di significatività, anche l'*effect size* risulta nullo.

Passando alla *seconda analisi*, si considera il fattore "appartenenza al gruppo" che in questo caso si esplicita nella realizzazione dell'intervento formativo, e la variabile dipendente rappresentata dalle conoscenze in tema di radioattività misurata dall'indice per somma al test di competenza a T2, ovvero successivamente alla lezione formativa per il GS e successivamente al solo pretest per il GC. Di seguito si riportano le tabelle e i grafici per il *controllo degli assunti*:

*Tabella 6.5.6 – Indici di Asimmetria e Curtosi*

|            | <i>Statistiche Errore standard</i> |      |
|------------|------------------------------------|------|
| Asimmetria | -0,55                              | 0,06 |
| Curtosi    | 0,33                               | 0,12 |

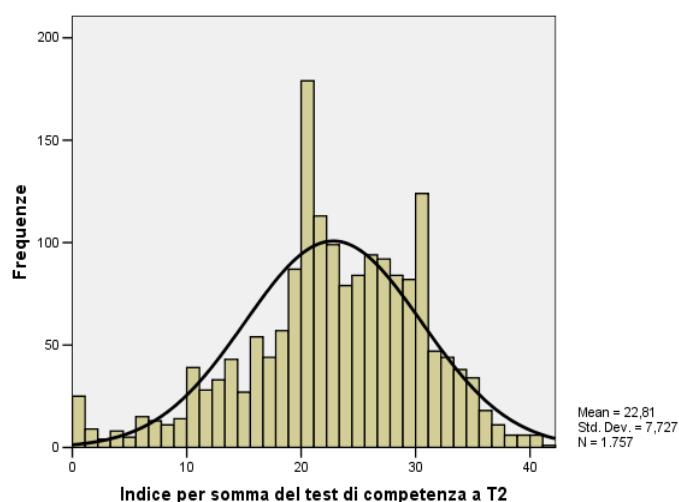
I valori dell'*asimmetria* e della *curtosi* sono compresi tra  $\pm 1$  e attestano quindi una sostanziale normalità della distribuzione.

*Tabella 6.5.7 – Test di normalità*

|                                              | <i>Kolmogorov-Smirnov</i> |      |      | <i>Shapiro-Wilk</i> |      |      |
|----------------------------------------------|---------------------------|------|------|---------------------|------|------|
|                                              | Statistica                | gl   | Sig. | Statistica          | gl   | Sig. |
| Indice per somma del test di competenza a T2 | 0,07                      | 1757 | 0,00 | 0,98                | 1757 | 0,00 |

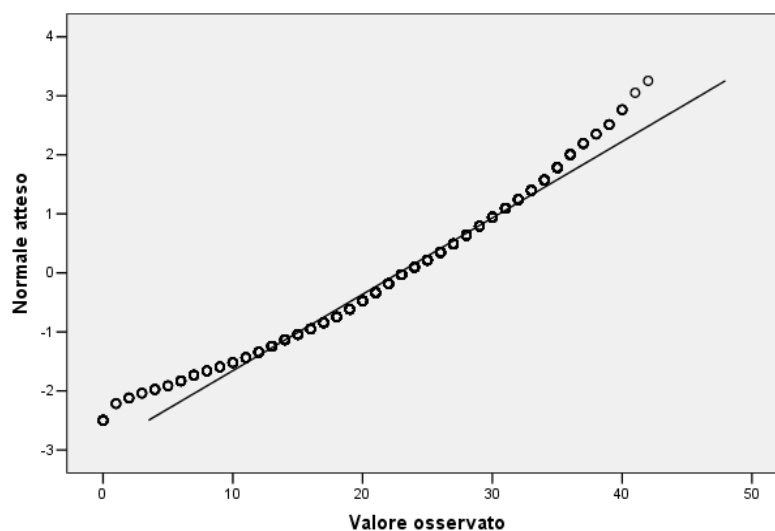
I test di *Kolmogorov-Smirnov* e di *Shapiro-Wilk* risultano significativi e questo indica che la distribuzione non è normale.

Grafico 6.5.4 – Istogramma dell'indice per somma del test di competenza a T2



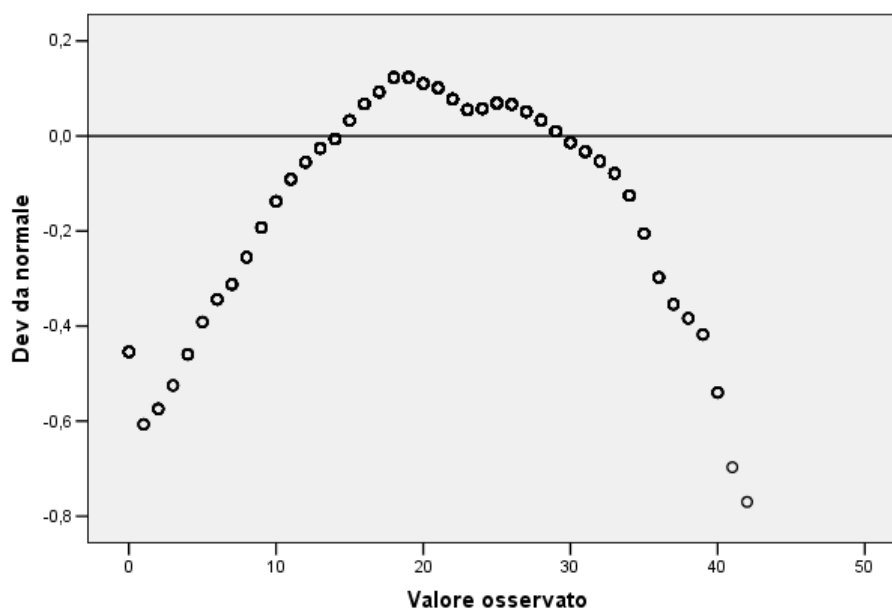
La distribuzione di frequenza dell'indice per somma del test di competenza a T2, rappresentata dall'*istogramma* denota che la variabile dipendente si presta ad un'interpretazione di normalità della distribuzione riproducendo, anche se in maniera approssimata, la forma campanulare.

Grafico 6.5.5 – Grafico di normalità Q-Q dell'indice per somma del test di competenza a T2



L'esame *grafico di normalità Q-Q* illustra che i punti si addensano sulla diagonale per i valori attorno alla media, mentre si evidenzia una deviazione dalla normalità nelle sezioni estreme della distribuzione.

Grafico 6.5.6 – Grafico di normalità Q-Q detrendizzato dell'indice per somma del test di competenza a T2



Il *grafico detrendizzato* mostra che i valori della variabile non sembrano assumere un andamento casuale ma si dispongono in modo più strutturato formando una curva tra i valori in ordinata -0,7 e + 0,1.

Tabella 6.5.8 – Test di Levene

| <i>F</i> | <i>gl1</i> | <i>gl2</i> | <i>Sig.</i> |
|----------|------------|------------|-------------|
| 1,18     | 1          | 1755       | 0,28        |

Il *test di Levene* presenta una probabilità non significativa pari a 0,28 e l'assunto di omoschedasticità è dunque rispettato.

Dalla valutazione di tali risultati emerge che *i dati disponibili osservano – seppur con qualche ostacolo – tutti gli assunti.*

Si riportano di seguito le tabelle che illustrano le *analisi descrittive* relative ai due campioni esaminati e il *test di Anova*:

Tabella 6.5.9 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al Gruppo Sperimentale/di Controllo | N    | Media | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|------|-------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
|                                                               |      |       |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | 845  | 23,96 | 7,78                | 23,44                                        | 24,49            |
| Gruppo di Controllo                                           | 912  | 21,73 | 7,53                | 21,24                                        | 22,22            |
| Totale                                                        | 1757 | 22,81 | 7,73                | 22,44                                        | 23,17            |

Già da un primo sguardo si evince che le medie dei due gruppi sono diverse: 23,96 del GS contro 21,73 del GC. Inoltre gli intervalli di confidenza delle due popolazioni *non* si sovrappongono (per il GS l'intervallo è compreso tra 23,44 e 24,49, per il GC l'intervallo varia tra 21,24 e 22,22). Si conclude questo primo esame asserendo che *c'è differenza tra le popolazioni di riferimento, quindi il fattore dovrebbe produrre un effetto di discriminazione tra i due gruppi.*

Tabella 6.5.10 – Risultati dell'Analisi della Varianza a una via

|              | Somma dei quadrati | gl   | Media dei quadrati | F     | Sig. | Eta quadrato parziale |
|--------------|--------------------|------|--------------------|-------|------|-----------------------|
| Fra gruppi   | 2178,39            | 1    | 2178,39            | 37,24 | 0,00 | 0,02                  |
| Entro gruppi | 102661,04          | 1755 | 58,50              |       |      |                       |
| Totale       | 104839,43          | 1756 |                    |       |      |                       |

Dal *test omnibus* emerge quanto anticipato dalle statistiche descrittive: il valore di F è significativo per  $p = 0,00$ , dunque si può respingere l'ipotesi nulla che non ci sia differenza tra le medie. I risultati indicano che *la variazione dovuta all'appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo – e quindi il fatto di aver ricevuto o meno il trattamento – produce una discriminazione tra GS e GC.* Il valore dell'eta quadro parziale che stima la potenza dell'effetto del fattore è pari a 0,02; tale valore indica una potenza bassa.

Tirando le somme di queste prime due analisi, *si conferma che la suddivisione del campione in GS e GC è stata puramente casuale e non ha prodotto alla prima rilevazione alcuna differenza statisticamente significativa sulle competenze conoscitive, mentre nella seconda rilevazione l'appartenenza al gruppo ha comportato uno stimolo aggiuntivo per il solo GS che ha permesso di distinguere i due gruppi in relazione alle conoscenze in tema di radiazioni.*

L'analisi della varianza rappresenta una ulteriore angolazione dalla quale studiare il cambiamento cognitivo. Essa consente di dimostrare che inizialmente i gruppi partono da livelli di conoscenze pressoché identici e attraverso il doppio incentivo rappresentato dal pretest più la lezione formativa, *il GS registra un cambiamento più marcato, statisticamente significativo, rispetto al GC stimolato solo dalla prima rilevazione.* L'analisi della varianza si basa sul confronto tra i punteggi

medi dei gruppi: mentre alla prima rilevazione i punteggi medi erano stabili allo stesso livello (22,49 del GS e 22,46 del GC), al posttest si assiste ad un cambiamento nella direzione del miglioramento per il GS (23,96) e ad un lieve peggioramento del livello di conoscenza delle radiazioni per il GC (21,73).

## 6.6 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso l'Anova fattoriale

Superando la logica comportamentista “stimolo-risposta” in cui si considerano esclusivamente la variabile indipendente e l'effetto che si produce, nel presente caso rispettivamente il trattamento sperimentale e il test di competenza sul tema della radioattività, si abbraccia un'ottica realista che aumenta la complessità del modello introducendo di volta in volta, accanto all'“appartenenza al gruppo”, un ulteriore fattore, di contesto o di meccanismo, che possa spiegare o interpretare in maniera più particolareggiata le conoscenze in tema di radiazioni dei vari sottogruppi in cui il campione può essere suddiviso. In termini operativi si è deciso di applicare un'*anova fattoriale*, ossia si decide di sottoporre al vaglio un modello che oltre al fattore “appartenenza al gruppo” consideri anche le variabili in ipotesi semanticamente legate alle conoscenze in tema di radiazioni: città, tipo di scuola, percorso formativo, capitale culturale e approfondimento personale. Si ricorda che con le variabili contestuali si intende applicare il *modello della specificazione* in base al quale la relazione tra X e Y viene precisata suddividendo i campioni sperimentale e di controllo in sottogruppi che risultano differentemente sensibili al trattamento sperimentale, senza tuttavia intaccare la relazione originaria tra X e Y; con il fattore di meccanismo ci si avvale del *modello dell'interpretazione* secondo il quale l'effetto del trattamento deve continuare ad esistere ma viene amplificato dall'azione degli studenti ad approfondire, comportamento attivato nel GC dal pretest e in misura maggiore dalla doppia formula di pretest più intervento formativo nel GS.

Il *modello teorico* dell'anova fattoriale con due fattori prevede che il punteggio di un soggetto  $y_{ijk}$  di un soggetto k contenuto nella cella ij, che incrocia il livelli i del primo fattore con il livello j del secondo fattore, sia scomponibile nel modo seguente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \phi_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ in cui:}$$

$\alpha_i$  è l'effetto principale del fattore 1;

$\beta_j$  è l'effetto principale del fattore 2;

$\phi_{ij}$  è l'effetto dell'interazione, ovvero quella parte della media di una cella  $ij$  che non dipende dall'errore e che però non è spiegata né dalla media generale, né dagli effetti principali;

$\epsilon_{ijk}$  è il termine residuale o errore.

Rispetto ai disegni a un fattore, i disegni fattoriali danno conto di due tipi di effetti: gli *effetti principali* e gli *effetti interazione*. I primi rappresentano l'effetto medio di una variabile indipendente sulla variabile dipendente, senza considerare i valori degli altri fattori; i secondi possono essere definiti nel modo seguente: due variabili interagiscono se l'effetto di una variabile indipendente sulla variabile dipendente si verifica solo a determinati livelli dell'altra variabile indipendente, ovvero due variabili interagiscono se l'effetto di una variabile indipendente sulla variabile dipendente non è lo stesso per tutti i livelli dell'altra variabile dipendente.

Le ipotesi da sottoporre a verifica sono più complesse rispetto all'anova a una via. Si avranno ipotesi per gli effetti principali e ipotesi per l'interazione. Le ipotesi per gli effetti principali riguardano le differenze tra le medie, come per l'anova one-way, per cui per ogni variabile indipendente (appartenenza al gruppo e approfondimento personale) si formulerà un'ipotesi nulla  $H_0$  di assenza di differenza statisticamente significativa tra i gruppi formati

Per quanto riguarda l'*interazione*, si formulano delle ipotesi che non riguardano le medie, bensì le *differenze tra le medie* nelle diverse combinazioni delle condizioni sperimentali. Mentre nel caso degli effetti principali si ipotizza che le medie siano uguali o diverse, nel caso dell'interazione si ipotizza che *le differenze tra le medie siano uguali o diverse*.

Di seguito si presentano i paragrafi che eseguono i modelli di anova fattoriale esaminando di volta in volta un fattore di contesto o di meccanismo.

#### 6.6.1 I fattori "appartenenza al gruppo" e "città"

In questa prima analisi si considerano i fattori "appartenenza al gruppo", che distingue il campione in GS e GC, e "città", che suddivide i 1.757 casi nelle quattro zone in cui è avvenuta la rilevazione: Roma, Frosinone, Latina e Viterbo.

In questo caso le ipotesi formulate sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore “città”: le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{Roma} = \mu_{Frosinone} = \mu_{Latina} = \mu_{Viterbo}$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “città”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{Roma} \neq \mu_{Frosinone} \neq \mu_{Latina} \neq \mu_{Viterbo}$ ;

Le ipotesi degli effetti di interazione sono:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{sperimentale} - \mu_{controllo}) = (\mu_{Roma} - \mu_{Frosinone} - \mu_{Latina} - \mu_{Viterbo})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{sperimentale} - \mu_{controllo}) \neq (\mu_{Roma} - \mu_{Frosinone} - \mu_{Latina} - \mu_{Viterbo})$ ;

Trattandosi della stessa variabile dipendente della precedente analisi, il controllo dell’assunto di normalità è stato già effettuato. L’omoschedasticità non è rispettata:

Tabella 6.6.1 – Test di Levene

| <i>F</i> | <i>gl1</i> | <i>gl2</i> | <i>Sig.</i> |
|----------|------------|------------|-------------|
| 2,30     | 7          | 1749       | 0,02        |

Di seguito si riportano i risultati delle *statistiche descrittive* e dell’*anova fattoriale*:

Tabella 6.6.2 – Statistiche descrittive

| <i>Appartenenza della scuola al gruppo sperimentale/di controllo</i> |           | <i>N</i> | <i>Media</i> | <i>Deviazione standard</i> | <i>Intervallo di confidenza per la media al 95%</i> |                         |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|----------|--------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>Città</i>                                                         |           |          |              |                            | <i>Limite inferiore</i>                             | <i>Limite superiore</i> |
| Gruppo Sperimentale                                                  | Roma      | 219      | <b>23,65</b> | 6,87                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Frosinone | 193      | <b>22,67</b> | 8,65                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Latina    | 206      | <b>24,41</b> | 8,18                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Viterbo   | 227      | <b>24,95</b> | 7,31                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Totale    | 845      | <b>23,96</b> | 7,78                       | 23,44                                               | 24,49                   |
| Gruppo di Controllo                                                  | Roma      | 223      | <b>22,24</b> | 7,89                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Frosinone | 224      | <b>21,13</b> | 6,80                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Latina    | 225      | <b>23,34</b> | 7,27                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Viterbo   | 240      | <b>20,32</b> | 7,77                       |                                                     |                         |
|                                                                      | Totale    | 912      | <b>21,73</b> | 7,53                       | 21,24                                               | 22,22                   |
| Totale                                                               | Roma      | 442      | <b>22,94</b> | 7,43                       | 22,24                                               | 23,63                   |
|                                                                      | Frosinone | 417      | <b>21,85</b> | 7,74                       | 21,10                                               | 22,59                   |
|                                                                      | Latina    | 431      | <b>23,85</b> | 7,73                       | 23,12                                               | 24,58                   |
|                                                                      | Viterbo   | 467      | <b>22,57</b> | 7,89                       | 21,85                                               | 23,29                   |
|                                                                      | Totale    | 1757     | <b>22,81</b> | 7,73                       |                                                     |                         |

Si presentano le medie dei punteggi riferite ai due gruppi definiti dal fattore “appartenenza al gruppo” (in grassetto rosso) e ai quattro gruppi definiti dal fattore “città” (in grassetto blu) e alle

celle determinate dall'incrocio dei livelli dei due fattori (in grassetto nero). I punteggi medi distinti in base al fattore "appartenenza al gruppo" indicano la differenza tra i due sottocampioni: migliore è la performance nel GS (23,96) e più bassa è quella del GC (21,73). Tali differenze vengono confermate dai limiti inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza: rispettivamente 23,44 e 24,49 per il GS e 21,24 e 22,22 per il GC.

Per quanto concerne il fattore "città", le medie di Roma e Viterbo sono simili, rispettivamente 22,94 e 22,57, con limiti dell'intervallo di confidenza in parte sovrapposti; più alto, pari a 23,85 è il valore di Latina, mentre più basso di tutti è il punteggio medio di Frosinone con 21,85. Nella tabella successiva il *test omnibus* dimostra se le differenze medie riscontrate sono significative o meno.

*Tabella 6.6.3 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale*

| <i>Sorgente</i>              | <i>Somma dei<br/>quadrati Tipo<br/>III</i> | <i>gl</i> | <i>Media dei<br/>quadrati</i> | <i>F</i> | <i>Sig.</i> | <i>Eta<br/>quadrato<br/>parziale</i> |
|------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------------------|----------|-------------|--------------------------------------|
| Modello corretto             | 3983,51                                    | 7         | 569,07                        | 9,87     | 0,00        | 0,04                                 |
| Intercetta                   | 912994,18                                  | 1         | 912994,18                     | 15832,75 | 0           | 0,90                                 |
| Appartenenza al gruppo       | 2048,84                                    | 1         | 2048,84                       | 35,53    | 0,00        | 0,02                                 |
| Città                        | 849,13                                     | 3         | 283,04                        | 4,91     | 0,00        | 0,01                                 |
| Appartenenza al gruppo*Città | 942,49                                     | 3         | 314,16                        | 5,45     | 0,00        | 0,01                                 |
| Errore                       | 100855,92                                  | 1749      | 57,66                         |          |             |                                      |
| Totale                       | 1018627,00                                 | 1757      |                               |          |             |                                      |
| Totale corretto              | 104839,43                                  | 1756      |                               |          |             |                                      |

Entrambi i fattori risultano statisticamente significativi ad un livello p di probabilità di 0,00. Nonostante lo stesso livello di p, il valore della F di Fisher dell'appartenenza al gruppo risulta più alto (35,53 contro 4,91) e ciò sta ad indicare che la distinzione tra GS e GC risulta più marcata rispetto alla suddivisione del campione nelle 4 città. Questo risultato conferma quanto emerso attraverso gli incroci con gli indici di cambiamento cognitivo in cui si dimostra che *al di là degli specifici target creati con l'introduzione di terze variabili, la relazione tra X e Y tiene sempre* in quanto il far parte del GS o del GC discrimina in relazione al mutamento delle conoscenze in tema di radiazioni.

Nel complesso si può affermare che i gruppi formati presentano valori medi significativamente diversi. Anche l'effetto interazione tra le due variabili indipendenti risulta significativo.

Quando il *test di Fisher* risulta significativo quello che si può dire è che esiste una differenza significativa tra almeno due delle medie dei gruppi messi a confronto ma non sappiamo tra quali. Avendo a che fare con il fattore "città" che distingue il campione in quattro gruppi, si richiedono i

*confronti post hoc* che mettono in relazione ogni media con tutte le altre. Si riportano di seguito i risultati del confronto con il *metodo di Tukey HSD*:

*Tabella 6.6.4 – Confronti post hoc con il metodo di Tukey HSD*

| (I) Città | (J) Città | Differenza<br>tra medie<br>(I-J) | Errore<br>standard | Sig. | 95% Confidence Interval |                     |
|-----------|-----------|----------------------------------|--------------------|------|-------------------------|---------------------|
|           |           |                                  |                    |      | Limite<br>inferiore     | Limite<br>superiore |
| Roma      | Frosinone | 1,09                             | 0,52               | 0,15 | -0,24                   | 2,43                |
|           | Latina    | -0,91                            | 0,51               | 0,29 | -2,23                   | 0,41                |
|           | Viterbo   | 0,37                             | 0,50               | 0,88 | -0,93                   | 1,67                |
| Frosinone | Roma      | -1,09                            | 0,52               | 0,15 | -2,43                   | 0,24                |
|           | Latina    | -2,00                            | 0,52               | 0,00 | -3,35                   | -0,66               |
|           | Viterbo   | -0,72                            | 0,51               | 0,49 | -2,04                   | 0,59                |
| Latina    | Roma      | 0,91                             | 0,51               | 0,29 | -0,41                   | 2,23                |
|           | Frosinone | 2,00                             | 0,52               | 0,00 | 0,66                    | 3,35                |
|           | Viterbo   | 1,28                             | 0,51               | 0,06 | -0,02                   | 2,59                |
| Viterbo   | Roma      | -0,37                            | 0,50               | 0,88 | -1,67                   | 0,93                |
|           | Frosinone | 0,72                             | 0,51               | 0,49 | -0,59                   | 2,04                |
|           | Latina    | -1,28                            | 0,51               | 0,06 | -2,59                   | 0,02                |

Il metodo di *Tukey HSD* calcola la differenza tra due medie e questa per poter essere statisticamente significativa deve ottenere un valore di probabilità inferiore a 0,05. In base ai risultati si evince che la differenza tra i punteggi delle città di Frosinone e Latina è statisticamente significativa; ciò vuol dire che i due gruppi provengono da popolazioni differenti.

Oltre ai confronti *post hoc* ci si può servire dei *confronti pianificati* in cui si decide in anticipo quali medie verranno confrontate:

Tabella 6.6.5 – Risultati del contrasto “Differenza”

| Contrasto differenza<br>Città |                                                    | Indice per somma del<br>test di competenza a T2 |
|-------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Livello 2 vs. Livello 1       | Stima del contrasto                                | -1,04                                           |
|                               | Valore ipotizzato                                  | 0                                               |
|                               | Differenza (Stima - Ipotesi)                       | -1,04                                           |
|                               | Errore standard                                    | 0,52                                            |
|                               | Sig.                                               | 0,04                                            |
|                               | Intervallo di<br>confidenza per la<br>media al 95% |                                                 |
|                               | Limite inferiore<br>Limite superiore               | -2,06<br>-0,02                                  |
| Livello 3 vs. Precedente      | Stima del contrasto                                | 1,45                                            |
|                               | Valore ipotizzato                                  | 0                                               |
|                               | Differenza (Stima - Ipotesi)                       | 1,45                                            |
|                               | Errore standard                                    | 0,45                                            |
|                               | Sig.                                               | 0,00                                            |
|                               | Intervallo di<br>confidenza per la<br>media al 95% |                                                 |
|                               | Limite inferiore<br>Limite superiore               | 0,57<br>2,33                                    |
| Livello 4 vs. Precedente      | Stima del contrasto                                | -0,27                                           |
|                               | Valore ipotizzato                                  | 0                                               |
|                               | Differenza (Stima - Ipotesi)                       | -0,27                                           |
|                               | Errore standard                                    | 0,41                                            |
|                               | Sig.                                               | 0,50                                            |
|                               | Intervallo di<br>confidenza per la<br>media al 95% |                                                 |
|                               | Limite inferiore<br>Limite superiore               | -1,08<br>0,53                                   |

Le differenze che risultano statisticamente significative sono quella tra le città di Latina e Frosinone (livello di  $p= 0,00$ ), confronto emerso già con il test di *Tukey*, e quella tra Roma e Latina (livello di  $p= 0,04$ ).

#### 6.6.2 I fattori “appartenenza al gruppo” e “tipo di scuola”

Un'altra analisi fattoriale accosta al fattore “appartenenza al gruppo” la variabile “tipo di scuola”. Le *ipotesi* formulate sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore “appartenenza al gruppo”: le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “appartenenza al gruppo”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore “tipo di scuola”: le medie di ciascun gruppo sono uguali:  
 $\mu_{\text{liceo}} = \mu_{\text{Istituto tecnico}} = \mu_{\text{Istituto professionale}}$ ;

- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “tipo di scuola”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{liceo}} \neq \mu_{\text{Istituto tecnico}} \neq \mu_{\text{Istituto professionale}}$ ;

Per quanto riguarda gli effetti di *interazione*:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) = (\mu_{\text{liceo}} - \mu_{\text{Istituto tecnico}} - \mu_{\text{Istituto professionale}})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) \neq (\mu_{\text{liceo}} - \mu_{\text{Istituto tecnico}} - \mu_{\text{Istituto professionale}})$ ;

L'assunto di *omoschedasticità* non è rispettato e dunque le varianze non sono uguali:

Tabella 6.6.6 – Test di Levene

| F    | gl1 | gl2  | Sig. |
|------|-----|------|------|
| 3,29 | 5   | 1751 | 0,01 |

Di seguito si riportano i risultati delle *statistiche descrittive* e dell'*anova fattoriale*:

Tabella 6.6.7 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al gruppo sperimentale/di controllo |                        | N    | Media | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|------|-------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
| Tipo di scuola                                                |                        |      |       |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | Liceo                  | 333  | 26,61 | 6,90                |                                              |                  |
|                                                               | Istituto tecnico       | 291  | 23,53 | 7,38                |                                              |                  |
|                                                               | Istituto professionale | 221  | 20,54 | 8,11                |                                              |                  |
|                                                               | Totale                 | 845  | 23,96 | 7,78                | 23,44                                        | 24,49            |
| Gruppo di Controllo                                           | Liceo                  | 455  | 22,54 | 7,65                |                                              |                  |
|                                                               | Istituto tecnico       | 218  | 23,51 | 6,44                |                                              |                  |
|                                                               | Istituto professionale | 239  | 18,58 | 7,30                |                                              |                  |
|                                                               | Totale                 | 912  | 21,73 | 7,53                | 21,24                                        | 22,22            |
| Totale                                                        | Liceo                  | 788  | 24,26 | 7,61                | 23,73                                        | 24,79            |
|                                                               | Istituto tecnico       | 509  | 23,52 | 6,99                | 22,91                                        | 24,13            |
|                                                               | Istituto professionale | 460  | 19,52 | 7,75                | 18,81                                        | 20,23            |
|                                                               | Totale                 | 1757 | 22,81 | 7,73                |                                              |                  |

Le medie del GS e del GC sono diverse (rispettivamente 23,96 e 21,73), mostrando un esito di maggior successo nel primo sottocampione; gli intervalli di confidenza sono coerenti con i valori medi e indicano un'assenza di sovrapposizione.

Dai valori dei punteggi di ciascun sottogruppo formato dal fattore “tipo di scuola”, si evince che ogni scuola superiore ha una media diversa: più alta quella del liceo (24,26), di poco più bassa quella dell'istituto tecnico (23,52) e infine di molto inferiore i punteggi dei soggetti che fanno parte dell'istituto professionale (19,52). Coerenti con tali risultati sono i limiti inferiore e superiore

dell'intervallo di confidenza: si sovrappongono parzialmente gli estremi più elevati del liceo e dell'istituto tecnico (rispettivamente 24,79 e 24,13), mentre il professionale presenta un *range* più basso (18,81 il limite inferiore e 20,23 il limite superiore).

*Tabella 6.6.8 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale*

| <i>Sorgente</i>                          | <i>Somma dei<br/>quadrati Tipo<br/>III</i> | <i>gl</i> | <i>Media dei<br/>quadrati</i> | <i>F</i> | <i>Sig.</i> | <i>Eta<br/>quadrato<br/>parziale</i> |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------------------|----------|-------------|--------------------------------------|
| Modello corretto                         | 10521,02                                   | 5         | 2104,20                       | 39,06    | 0,00        | 0,10                                 |
| Intercetta                               | 834720,76                                  | 1         | 834720,76                     | 15496,40 | 0           | 0,90                                 |
| Appartenenza al gruppo                   | 1670,72                                    | 1         | 1670,72                       | 31,02    | 0,00        | 0,02                                 |
| Tipo di scuola                           | 7478,15                                    | 2         | 3739,08                       | 69,42    | 0,00        | 0,07                                 |
| Appartenenza al<br>gruppo*Tipo di scuola | 1260,08                                    | 2         | 630,04                        | 11,70    | 0,00        | 0,01                                 |
| Errore                                   | 94318,41                                   | 1751      | 53,87                         |          |             |                                      |
| Totale                                   | 1018627,00                                 | 1757      |                               |          |             |                                      |
| Totale corretto                          | 104839,43                                  | 1756      |                               |          |             |                                      |

Il test *omnibus* indica la *significatività di entrambi i fattori e dell'interazione tra i due*. Il tipo di scuola presenta un valore di F più alto dell'appartenenza al gruppo (69,42 contro 31,02), mentre più basso in assoluto è l'effetto dell'interazione (11,70). Nonostante le differenze tra i gruppi formati siano statisticamente significative, il valore dell'eta quadro parziale indica una bassa potenza dell'effetto delle variabili indipendenti.

Si chiede l'ausilio dei *confronti post hoc* per conoscere quali sono i gruppi che presentano le differenze statisticamente significative:

*Tabella 6.6.9 – Confronti post hoc con il metodo di Tukey HSD*

| <i>(I) Tipo di scuola</i> | <i>(J) Tipo di scuola</i> | <i>Differenza tra<br/>medie (I-J)</i> | <i>Errore<br/>standard</i> | <i>Sig.</i> | <i>Intervallo di confidenza<br/>al 95%</i> |                             |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------|
|                           |                           |                                       |                            |             | <i>Limite<br/>inferiore</i>                | <i>Limite<br/>superiore</i> |
| Liceo                     | Istituto tecnico          | 0,74                                  | 0,42                       | 0,18        | -0,24                                      | 1,72                        |
|                           | Istituto professionale    | 4,74                                  | 0,43                       | 0,00        | 3,73                                       | 5,75                        |
| Istituto tecnico          | Liceo                     | -0,74                                 | 0,42                       | 0,18        | -1,72                                      | 0,24                        |
|                           | Istituto professionale    | 4,00                                  | 0,47                       | 0,00        | 2,90                                       | 5,11                        |
| Istituto professionale    | Liceo                     | -4,74                                 | 0,43                       | 0,00        | -5,75                                      | -3,73                       |
|                           | Istituto tecnico          | -4,00                                 | 0,47                       | 0,00        | -5,11                                      | -2,90                       |

Attraverso il *metodo di Tukey HSD* emerge che *l'istituto professionale presenta un profilo a parte e si distingue da entrambi gli istituti con livello di probabilità p di 0,00*.

Tabella 6.6.10 – Sottoinsiemi omogenei

| Tipo di scuola         | N   | Sottoinsieme |       |
|------------------------|-----|--------------|-------|
|                        |     | 1            | 2     |
| Istituto professionale | 460 | 19,52        |       |
| Istituto tecnico       | 509 |              | 23,52 |
| Liceo                  | 788 |              | 24,26 |
| Sig.                   |     | 1            | 0,22  |

Coerente con la tabella precedente, l'istituto professionale risulta significativamente diverso dagli altri due tipi di scuole superiori che non differiscono significativamente tra loro.

### 6.6.3 I fattori "appartenenza al gruppo" e "percorso formativo"

Un ulteriore modello di anova fattoriale presentato considera la variabile indipendente "appartenenza al gruppo" congiuntamente a quella relativa al "percorso formativo" che distingue il campione in ragazzi del biennio e del triennio. Le *ipotesi* formulate sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "percorso formativo": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{biennio}} = \mu_{\text{triennio}}$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "percorso formativo": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{biennio}} \neq \mu_{\text{triennio}}$ ;

Per quanto riguarda gli effetti di *interazione*:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) = (\mu_{\text{biennio}} - \mu_{\text{triennio}})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) \neq (\mu_{\text{biennio}} - \mu_{\text{triennio}})$ ;

Il *test di Levene* indica un'assenza di omoschedasticità tra le distribuzioni:

Tabella 6.6.11 – Test di Levene

| F    | gl1 | gl2  | Sig. |
|------|-----|------|------|
| 3,33 | 3   | 1753 | 0,02 |

Tabella 6.6.12 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al gruppo sperimentale/di controllo | Percorso formativo | N    | Media        | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|------|--------------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
|                                                               |                    |      |              |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | Biennio            | 368  | <b>21,38</b> | 8,12                |                                              |                  |
|                                                               | Triennio           | 477  | <b>25,96</b> | 6,87                |                                              |                  |
|                                                               | Totale             | 845  | <b>23,96</b> | 7,78                | 23,44                                        | 24,49            |
| Gruppo di Controllo                                           | Biennio            | 406  | <b>20,76</b> | 7,63                |                                              |                  |
|                                                               | Triennio           | 506  | <b>22,51</b> | 7,36                |                                              |                  |
|                                                               | Totale             | 912  | <b>21,73</b> | 7,53                | 21,24                                        | 22,22            |
| Totale                                                        | Biennio            | 774  | <b>21,05</b> | 7,87                | 20,50                                        | 21,61            |
|                                                               | Triennio           | 983  | <b>24,19</b> | 7,33                | 23,73                                        | 24,64            |
|                                                               | Totale             | 1757 | <b>22,81</b> | 7,73                |                                              |                  |

I ragazzi del triennio presentano dei punteggi medi di competenza al posttest più elevati dei ragazzi del biennio con medie ben distanti e intervalli di confidenza non sovrapponibili.

Tabella 6.6.13 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale

| Sorgente                                  | Somma dei quadrati Tipo III | gl   | Media dei quadrati | F        | Sig. | Eta quadrato parziale |
|-------------------------------------------|-----------------------------|------|--------------------|----------|------|-----------------------|
| Modello corretto                          | 7233,79                     | 3    | 2411,26            | 43,31    | 0,00 | 0,07                  |
| Intercetta                                | 887243,09                   | 1    | 887243,09          | 15934,91 | 0    | 0,90                  |
| Appartenenza al gruppo                    | 1779,78                     | 1    | 1779,78            | 31,96    | 0,00 | 0,02                  |
| Percorso formativo                        | 4338,26                     | 1    | 4338,26            | 77,92    | 0,00 | 0,04                  |
| Appartenenza al gruppo*Percorso formativo | 865,73                      | 1    | 865,73             | 15,55    | 0,00 | 0,01                  |
| Errore                                    | 97605,64                    | 1753 | 55,68              |          |      |                       |
| Totale                                    | 1018627,00                  | 1757 |                    |          |      |                       |
| Totale corretto                           | 104839,43                   | 1756 |                    |          |      |                       |

Il test dell'analisi della varianza fattoriale conferma i risultati delle statistiche descrittive dimostrando la *significatività di entrambi i fattori sulla variabile dipendente*. In particolare la F di Fisher associata al percorso formativo è pari a 77,92, mentre quella legata all'appartenenza al gruppo è di 31,96. Risulta *significativa anche l'interazione tra i due fattori* e ciò significa che nella fase di posttest, *i ragazzi del triennio che hanno seguito la lezione esibiscono una performance migliore dei ragazzi del biennio che parimenti vi hanno partecipato, pur restando netta anche la separazione dell'intero sottocampione complessivamente considerato da quello che non ha ricevuto il doppio stimolo*.

#### 6.6.4 I fattori "appartenenza al gruppo" e "capitale culturale"

Si considera ora un modello di anova fattoriale in cui accanto all'"appartenenza al gruppo" si affianca la variabile indipendente "*capitale culturale*" che suddivide il campione in soggetti che

possiedono un capitale culturale familiare basso, medio o alto. Le *ipotesi* formulate sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore “appartenenza al gruppo”: le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “appartenenza al gruppo”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore “capitale culturale”: le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{cap\_cul\_basso}} = \mu_{\text{cap\_cul\_medio}} = \mu_{\text{cap\_cul\_alto}}$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “capitale culturale”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{cap\_cul\_basso}} \neq \mu_{\text{cap\_cul\_medio}} \neq \mu_{\text{cap\_cul\_alto}}$ ;

Per quanto riguarda gli effetti di *interazione*:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) = (\mu_{\text{cap\_cul\_basso}} - \mu_{\text{cap\_cul\_medio}} - \mu_{\text{cap\_cul\_alto}})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) \neq (\mu_{\text{cap\_cul\_basso}} - \mu_{\text{cap\_cul\_medio}} - \mu_{\text{cap\_cul\_alto}})$ ;

Il *test di Levene* non risulta significativo e quindi si conclude circa l'omoschedasticità delle distribuzioni:

*Tabella 6.6.14 – Test di Levene*

| <i>F</i> | <i>gl1</i> | <i>gl2</i> | <i>Sig.</i> |
|----------|------------|------------|-------------|
| 1,58     | 5          | 1706       | 0,16        |

Tabella 6.6.15 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al gruppo sperimentale/di controllo |        | N    | Media | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|--------|------|-------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
| Capitale culturale                                            |        |      |       |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | Basso  | 159  | 21,87 | 7,52                |                                              |                  |
|                                                               | Medio  | 422  | 24,12 | 7,87                |                                              |                  |
|                                                               | Alto   | 237  | 25,62 | 7,14                |                                              |                  |
|                                                               | Totale | 818  | 24,11 | 7,69                | 23,59                                        | 24,64            |
| Gruppo di Controllo                                           | Basso  | 184  | 21,16 | 7,25                |                                              |                  |
|                                                               | Medio  | 446  | 21,68 | 7,26                |                                              |                  |
|                                                               | Alto   | 264  | 22,41 | 8,13                |                                              |                  |
|                                                               | Totale | 894  | 21,79 | 7,53                | 21,29                                        | 22,28            |
| Totale                                                        | Basso  | 343  | 21,49 | 7,38                | 20,70                                        | 22,27            |
|                                                               | Medio  | 868  | 22,86 | 7,65                | 22,35                                        | 23,37            |
|                                                               | Alto   | 501  | 23,92 | 7,84                | 23,24                                        | 24,61            |
|                                                               | Totale | 1712 | 22,90 | 7,69                |                                              |                  |

La distinzione in base al capitale culturale dimostra che ciascun gruppo presenta medie diverse dei risultati al test di competenza: il maggior successo è ascrivibile a coloro che detengono un capitale alto, mentre il punteggio più basso è tipico di coloro che possiedono un basso capitale culturale. Gli intervalli di confidenza di ciascun insieme sono quasi sempre separati anche se in un caso si riscontra una leggera sovrapposizione tra il limite inferiore di un gruppo (capitale culturale medio) e quello superiore di un altro (capitale culturale alto).

Tabella 6.6.16 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale

| Sorgente                                  | Somma dei quadrati | Tipo III | gl   | Media dei quadrati | F        | Sig. | Eta quadrato parziale |
|-------------------------------------------|--------------------|----------|------|--------------------|----------|------|-----------------------|
| Modello corretto                          | 3829,51            |          | 5    | 765,90             | 13,40    | 0,00 | 0,04                  |
| Intercetta                                | 769242,77          |          | 1    | 769242,77          | 13463,25 | 0    | 0,89                  |
| Appartenenza al gruppo                    | 1660,48            |          | 1    | 1660,48            | 29,06    | 0,00 | 0,02                  |
| Capitale culturale                        | 1269,10            |          | 2    | 634,55             | 11,11    | 0,00 | 0,01                  |
| Appartenenza al gruppo*Capitale culturale | 323,04             |          | 2    | 161,52             | 2,83     | 0,06 | 0,00                  |
| Errore                                    | 97474,81           |          | 1706 | 57,14              |          |      |                       |
| Totale                                    | 998966,00          |          | 1712 |                    |          |      |                       |
| Totale corretto                           | 101304,32          |          | 1711 |                    |          |      |                       |

I risultati del *test omnibus* evidenziano che *entrambi i fattori risultano significativi mentre non lo è la loro interazione*. In altri termini, sia l'appartenenza al gruppo che il capitale culturale posseduto, creano in generale dei gruppi differenti. Andando a controllare in particolare quali sono i gruppi che attraverso il capitale culturale differiscono in maniera statisticamente significativa, si calcola il *test di Tukey HSD*:

Tabella 6.6.17 – Confronti post hoc con il metodo di Tukey HSD

| (I) Livello di capitale culturale | (J) Capitale culturale | Differenza tra medie (I-J) | Errore standard | Sig. | Intervallo di confidenza al 95% |                  |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|------|---------------------------------|------------------|
|                                   |                        |                            |                 |      | Limite inferiore                | Limite superiore |
| Basso                             | Medio                  | -1,38                      | 0,48            | 0,01 | -2,51                           | -0,25            |
|                                   | Alto                   | -2,44                      | 0,53            | 0,00 | -3,68                           | -1,19            |
| Medio                             | Basso                  | 1,38                       | 0,48            | 0,01 | 0,25                            | 2,51             |
|                                   | Alto                   | -1,06                      | 0,42            | 0,03 | -2,05                           | -0,07            |
| Alto                              | Basso                  | 2,44                       | 0,53            | 0,00 | 1,19                            | 3,68             |
|                                   | Medio                  | 1,06                       | 0,42            | 0,03 | 0,07                            | 2,05             |

I valori dei punteggi medi sono diversi tra tutti e tre i gruppi e gli intervalli di confidenza delle distribuzioni presentano limiti non sovrapponibili. Queste differenze vengono confermate dal *test di Tukey che dimostra la significatività statistica di tutte le differenze*.

Tabella 6.6.18 – Sottoinsiemi omogenei

| Tukey HSD | N   | Sottoinsieme |       |
|-----------|-----|--------------|-------|
|           |     | 1            | 2     |
| Basso     | 343 | 21,49        |       |
| Medio     | 868 |              | 22,86 |
| Alto      | 501 |              | 23,92 |
| Sig.      |     | 1            | 0,07  |

Nonostante i punteggi medi dei tre sottogruppi siano significativamente diversi tra loro, *coloro che hanno un basso capitale culturale presentano un profilo a se stante* e si distinguono da coloro che hanno un capitale medio o alto.

#### 6.6.5 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso i fattori "appartenenza al gruppo" e "genere"

In questa analisi i fattori presi in considerazione sono l'"appartenenza al gruppo" e il "genere" che distingue il campione in maschi e femmine. Le *ipotesi* formulate sono le seguenti:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "genere": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{maschi}} = \mu_{\text{femmine}}$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "genere": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{maschi}} \neq \mu_{\text{femmine}}$ ;

Per quanto riguarda gli effetti di *interazione*:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) = (\mu_{\text{maschi}} - \mu_{\text{femmine}})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) \neq (\mu_{\text{maschi}} - \mu_{\text{femmine}})$ ;

Il *test di Levene* indica un'assenza di omoschedasticità tra le distribuzioni:

Tabella 6.6.19 – Test di Levene

| <i>F</i> | <i>gl1</i> | <i>gl2</i> | <i>Sig.</i> |
|----------|------------|------------|-------------|
| 3,59     | 3          | 1741       | 0,01        |

Tabella 6.6.20 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola<br>al gruppo sperimentale/di<br>controllo |         |      |       | Deviazione<br>standard | Intervallo di confidenza per la<br>media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------------|---------|------|-------|------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| Genere                                                              |         | N    | Media |                        | Limite inferiore                                | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                                 | Maschio | 488  | 23,69 | 8,09                   |                                                 |                  |
|                                                                     | Femmina | 352  | 24,41 | 7,30                   |                                                 |                  |
|                                                                     | Totale  | 840  | 23,99 | 7,77                   | 23,44                                           | 24,49            |
| Gruppo di Controllo                                                 | Maschio | 481  | 23,03 | 7,70                   |                                                 |                  |
|                                                                     | Femmina | 424  | 20,34 | 7,09                   |                                                 |                  |
|                                                                     | Totale  | 905  | 21,77 | 7,53                   | 21,24                                           | 22,22            |
| Totale                                                              | Maschio | 969  | 23,37 | 7,90                   | 22,87                                           | 23,86            |
|                                                                     | Femmina | 776  | 22,19 | 7,46                   | 21,66                                           | 22,71            |
|                                                                     | Totale  | 1745 | 22,84 | 7,73                   |                                                 |                  |

Dalla tavole che espongono i punteggi medi emerge che mentre nel GS sono le ragazze che al posttest hanno punteggi più elevati (24,41 contro 23,69), nel GC i ragazzi hanno una *performance* migliore (23,03 controllo 20,34); inoltre, mentre nel primo gruppo la differenza tra i due generi è contenuta (scarto di 0,72 a favore delle femmine), più evidente è il *gap* nel GC (scarto di 2,69 a favore dei maschi). In generale, le differenze tra i quattro gruppi vengono confermate anche dagli intervalli di confidenza non sovrapponibili.

Tabella 6.6.21 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale

| Sorgente                      | Somma dei<br>quadrati Tipo<br>III | gl   | Media dei<br>quadrati | F        | Sig. | Eta<br>quadrato<br>parziale |
|-------------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------|----------|------|-----------------------------|
| Modello corretto              | 3881,49                           | 3    | 1293,83               | 22,48    | 0,00 | 0,04                        |
| Intercetta                    | 897173,57                         | 1    | 897173,6              | 15587,55 | 0    | 0,90                        |
| Appartenenza al gruppo        | 2396,79                           | 1    | 2396,788              | 41,64    | 0,00 | 0,02                        |
| Genere                        | 417,09                            | 1    | 417,09                | 7,25     | 0,01 | 0,00                        |
| Appartenenza al gruppo*Genere | 1240,26                           | 1    | 1240,257              | 21,55    | 0,00 | 0,01                        |
| Errore                        | 100206,86                         | 1741 | 57,56                 |          |      |                             |
| Totale                        | 1014541                           | 1745 |                       |          |      |                             |
| Totale corretto               | 104088,35                         | 1744 |                       |          |      |                             |

Il test dell'analisi della varianza fattoriale conferma i risultati delle statistiche descrittive dimostrando la *significatività sia del genere* ( $p=0,01$ ), *sia dell'interazione tra questa variabile e l'appartenenza al gruppo* ( $p=0,00$ ). La significatività sia degli effetti principali sia dell'effetto di interazione, fa sì che nella seconda rilevazione emerga che i quattro gruppi formati dalla combinazione dei due fattori, siano tra loro statisticamente differenti. Il valore dell'eta quadro parziale dimostra che l'effetto di questa divisione è davvero esiguo.

#### 6.6.6 I fattori "appartenenza al gruppo" e "approfondimento personale"

L'ultimo modello di anova fattoriale presentato prende in considerazione l'"appartenenza al gruppo", che distingue il GS dal GC, e il fattore di meccanismo dell'"approfondimento personale", che suddivide il campione in chi ha approfondito autonomamente il tema della radioattività nei 15 giorni precedenti al postest da chi non si è informato. La variabile dipendente è rappresentata dall'indice per somma al test di competenza a T2. In questo caso si mette alla prova il *modello dell'interpretazione* in base al quale si ipotizza che l'effetto del trattamento deve continuare ad esistere ma viene amplificato dall'azione degli studenti ad approfondire, comportamento attivato nel GC dal pretest e in misura maggiore dalla doppia formula di pretest più intervento formativo nel GS.

Le ipotesi degli effetti principali sono:

- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{sperimentale}} = \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore "appartenenza al gruppo": le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{sperimentale}} \neq \mu_{\text{controllo}}$  ;
- ipotesi nulla  $H_0$  relativa al fattore "approfondimento personale": le medie di ciascun gruppo sono uguali:  $\mu_{\text{approfondimento}} = \mu_{\text{non approfondimento}}$  ;

- ipotesi alternativa  $H_1$  relativa al fattore “approfondimento personale”: le medie di ciascun gruppo sono diverse:  $\mu_{\text{approfondimento}} \neq \mu_{\text{non approfondimento}}$  ;

Per quanto riguarda gli effetti di *interazione*:

- ipotesi nulla  $H_0$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono uguali:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) = (\mu_{\text{approfondimento}} - \mu_{\text{non approfondimento}})$ ;
- ipotesi alternativa  $H_1$ : le differenze tra le medie dei gruppi sono diverse:  $(\mu_{\text{sperimentale}} - \mu_{\text{controllo}}) \neq (\mu_{\text{approfondimento}} - \mu_{\text{non approfondimento}})$ ;

Il *test di Levene* presenta una probabilità non significativa pari a 0,12 e l'ipotesi nulla può essere accettata e le varianze considerate uguali.

Tabella 6.6.22 – Test di Levene

| F    | gl1 | gl2  | Sig. |
|------|-----|------|------|
| 1,93 | 3   | 1718 | 0,12 |

Di seguito si riportano le tabelle delle *statistiche descrittive* e dell'*anova fattoriale*:

Tabella 6.6.23 – Statistiche descrittive

| Appartenenza della scuola al gruppo sperimentale/di controllo |        | N    | Media | Deviazione standard | Intervallo di confidenza per la media al 95% |                  |
|---------------------------------------------------------------|--------|------|-------|---------------------|----------------------------------------------|------------------|
| Approfondimento personale                                     |        |      |       |                     | Limite inferiore                             | Limite superiore |
| Gruppo Sperimentale                                           | No     | 686  | 23,60 | 7,67                |                                              |                  |
|                                                               | Sì     | 148  | 25,52 | 7,93                |                                              |                  |
|                                                               | Totale | 834  | 23,94 | 7,75                | 23,41                                        | 24,47            |
| Gruppo di Controllo                                           | No     | 811  | 21,48 | 7,52                |                                              |                  |
|                                                               | Sì     | 77   | 25,30 | 5,98                |                                              |                  |
|                                                               | Totale | 888  | 21,81 | 7,47                | 21,32                                        | 22,30            |
| Totale                                                        | No     | 1497 | 22,45 | 7,66                | 22,06                                        | 22,84            |
|                                                               | Sì     | 225  | 25,44 | 7,30                | 24,48                                        | 26,40            |
|                                                               | Totale | 1722 | 22,84 | 7,68                |                                              |                  |

Per quanto riguarda il primo fattore, la condizione sperimentale presenta una media più elevata della condizione di controllo (23,94 del GS contro 21,81 del GC). Anche il fattore approfondimento presenta valori differenti e chi si informa ottiene risultati migliori rispetto a chi non lo fa (25,44 di chi approfondisce contro 22,45 di chi non si informa). Se invece delle medie marginali si considerano le medie di cella, emerge una situazione più analitica: i punteggi medi del GS (23,94), più elevati di quelli del GC (21,48), salgono ancora di più se si considerano solo quelli che oltre ad aver ricevuto il trattamento sperimentale sono andati ad approfondire autonomamente il tema (25,52). Viceversa, all'interno del GC, danno risultati peggiori coloro che non si sono informati per

conto proprio (21,48). Tali differenze vengono avvalorate anche dagli intervalli di confidenza al 95% per le medie delle corrispondenti popolazioni che non si sovrappongono, indicando un effetto di entrambi i fattori sulla conoscenza delle radiazioni ionizzanti.

Per sostanziare empiricamente quanto detto, si presenta di seguito la *tabella dell'anova fattoriale*:

*Tabella 6.6.24 – Risultati dell'Analisi della Varianza fattoriale*

| <i>Sorgente</i>                                   | <i>Somma dei<br/>quadrati Tipo III</i> | <i>gl</i> | <i>Media dei<br/>quadrati</i> | <i>F</i> | <i>Sig.</i> | <i>Eta<br/>quadrato<br/>parziale</i> |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------|-------------------------------|----------|-------------|--------------------------------------|
| Modello corretto                                  | 3426,31                                | 3         | 1142,10                       | 20,02    | 0,00        | 0,03                                 |
| Intercetta                                        | 409933                                 | 1         | 409932,98                     | 7184,03  | 0           | 0,81                                 |
| Appartenenza al gruppo                            | 244,59                                 | 1         | 244,59                        | 4,29     | 0,04        | 0,00                                 |
| Approfondimento personale                         | 1467,96                                | 1         | 1467,96                       | 25,73    | 0,00        | 0,01                                 |
| Appartenenza al gruppo* Approfondimento personale | 160,80                                 | 1         | 160,80                        | 2,82     | 0,09        | 0,00                                 |
| Errore                                            | 98032,04                               | 1718      | 57,06                         |          |             |                                      |
| Totale                                            | 999973                                 | 1722      |                               |          |             |                                      |
| Totale corretto                                   | 101458,4                               | 1721      |                               |          |             |                                      |

I risultati confermano in parte le aspettative emerse dalle statistiche descrittive. *Entrambi i fattori risultano significativi*: in particolare l'appartenenza al gruppo presenta un valore di probabilità di rifiuto dell'ipotesi nulla dello 0,04, mentre l'approfondimento personale si mostra significativo per un livello ancora più elevato dello 0,00. L'effetto interazione, invece, nonostante presenti punteggi medi diversi, non supera il test di significatività.

L'anova fattoriale conferma i risultati emersi dall'anova *one-way* – che considera solo il fattore appartenenza al gruppo – e introduce nel modello classico *la variabile approfondimento personale* la quale *produce un cambiamento cognitivo nel GS andando ad intensificare l'effetto dell'intervento formativo*. *L'approfondimento* non solo accompagna e valorizza il trattamento sperimentale, ma *agisce anche da solo poiché nel GC si assiste ad una differenza significativa tra chi si informa e chi no*. Questo risultato non toglie legittimità al trattamento sperimentale il cui *effetto esiste indipendentemente dalla predisposizione ad approfondire*.

## 6.7 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso le statistiche per campioni appaiati

Nei paragrafi precedenti si è dimostrato che il fatto di aver partecipato all'intervento (GS) spiega la differenza sul test di competenza rispetto a chi non ha ricevuto la lezione (GC) (paragrafo 6.5). Si è andati oltre, attraverso le anova fattoriali si è lasciato il modello classico della logica sperimentale comportamentista per abbracciare una visione di stampo realista e si sono introdotte altre

variabili (di contesto e di meccanismo) accanto all'appartenenza al gruppo (sperimentale e di controllo), atte a spiegare o interpretare il cambiamento di conoscenze nei vari sottogruppi che di volta in volta sono stati considerati (paragrafo 6.6).

Con l'anova fattoriale ci si è allontanati da una concezione del mutamento come confronto tra due intervalli temporali poiché si è indagato in un solo istante di tempo (al posttest) le differenze riscontrate nella suddivisione del campione in GS e GC e in ulteriori sottogruppi creati dall'utilizzo delle terze variabili.

A questo punto, si torna ad una logica del *mutamento in ottica diacronica* decidendo di misurare lo stesso fenomeno ripetutamente sul medesimo sottocampione. La misurazione ripetuta a T1 e a T2 di una stessa domanda o dell'intero test di competenza sintetizzato in un indice, fa sì che ciascun sottogruppo possa essere confrontato con se stesso; in altri termini, si mette in relazione il valore medio di una certa variabile ottenuto dal sottocampione (sperimentale e di controllo) a T1 con il valore medio ottenuto da quello stesso sottocampione (sperimentale e di controllo) a T2. Per l'esecuzione di questo tipo di operazione ci si avvale di test parametrici e non parametrici a seconda della natura degli indicatori che si decide di confrontare temporalmente.

#### 6.7.1 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso il T test

Con i *test parametrici* è possibile calcolare le proporzioni della variabilità totale nei punteggi dovuta in parte alla variabile indipendente e in parte alle variabili irrilevanti che influenzano le prestazioni dei soggetti. Le misure si basano sulla capacità di calcolare la quantità esatta della variabilità nei punteggi dei soggetti. Per effettuare tali operazioni per la stima della varianza è necessario *soddisfare alcuni parametri*:

1. i punteggi devono essere espressi da una *scala ad intervalli*;
2. i punteggi devono approssimarsi ad una *distribuzione normale*. Un modo per controllare questo assunto è tracciare un istogramma della variabile e verificare che i punteggi non si discostino troppo dalla forma campanulare;
3. le *varianze* delle condizioni devono essere *omogenee*; ciò significa che la variabilità dei punteggi in ciascuna condizione deve essere approssimativamente la stessa. Avendo a che fare con gli stessi soggetti, non occorre preoccuparsi troppo che la variabilità sia identica. Tuttavia può essere controllata tracciando un istogramma per ciascuna condizione e controllare che le distribuzioni siano simili.

Il test parametrico  $T$  per campioni appaiati viene utilizzato quando si ha a che fare con una stessa variabile misurata in due occasioni diverse sugli stessi soggetti – come nel presente caso – o su soggetti equivalenti.

L'ipotesi nulla  $H_0$  è relativa all'esistenza di una differenza puramente casuale tra i punteggi rilevati al test di competenza prima e dopo, mentre l'ipotesi alternativa  $H_1$  indica l'esistenza di una differenza significativa nel tempo. Lo scopo consiste nel confrontare le differenze previste tra le due occasioni con la variabilità totale dei punteggi. Le differenze si ottengono sottraendo i punteggi del posttest da quelli del pretest ed elevati al quadrato. Si nota che le differenze tra le due condizioni rappresentano la varianza dovuta alle differenze previste tra le due condizioni. Nel presente caso si utilizzerà come variabili continue gli *indici additivi del test competenza al pretest e al posttest*.

Attraverso essi è possibile indagare il mutamento delle conoscenze, separatamente per GS e GC. Gli indici rispettano il primo assunto, trattandosi di una variabile a scala di intervalli, si approssimano all'incirca ad una distribuzione normale<sup>32</sup> e presentano varianze simili<sup>33</sup> tra i punteggi a T1 e a T2, anche perché trattano gli stessi soggetti.

La tabella di seguito riporta i valori medi, il numero di casi, le deviazioni standard e l'errore standard della media per le due variabili:

*Tabella 6.7.1 – Statistiche per campioni appaiati. Gruppo Sperimentale e Gruppo di Controllo*

|                                    | Gruppo Sperimentale |     |                 |                         | Gruppo di Controllo |     |                 |                         |
|------------------------------------|---------------------|-----|-----------------|-------------------------|---------------------|-----|-----------------|-------------------------|
|                                    | Media               | N   | Deviazione Std. | Errore Std. della Media | Media               | N   | Deviazione Std. | Errore Std. della Media |
| indice additivo test competenza T1 | 22,57               | 845 | 7,259           | 0,250                   | 22,53               | 912 | 6,634           | 0,220                   |
| indice additivo test competenza T2 | 24,05               | 845 | 7,791           | 0,268                   | 21,80               | 912 | 7,514           | 0,249                   |

In particolare, dai valori medi si evince che i gruppi sono equivalenti e partono da punteggi simili, ma mentre il GS aumenta le proprie conoscenze, il GC registra un abbassamento dei punteggi.

La tabella che segue espone i valori della *correlazione* tra i punteggi nelle due occasioni:

---

<sup>32</sup> Gli istogrammi per l'ispezione degli assunti di normalità e omoschedasticità di entrambi gli indici sintetici del test di competenza a T1 e T2 sono stati presentati in occasione dell'analisi della varianza nel paragrafo 6.5.

<sup>33</sup> Vedere la nota precedente.

*Tabella 6.7.2 – Correlazioni per campioni appaiati. Gruppo Sperimentale e Gruppo di Controllo*

| Coppia                                                                  | Gruppo Sperimentale |              |      | Gruppo di Controllo |              |      |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|------|---------------------|--------------|------|
|                                                                         | N                   | Correlazione | Sig. | N                   | Correlazione | Sig. |
| Indice additivo test competenza T2 - Indice additivo test competenza T1 | 845                 | 0,63         | 0,00 | 912                 | 0,68         | 0,00 |

L'indice rilevato nei due tempi è positivamente correlato in entrambi i gruppi, con una lieve maggior intensità per il GC (0,68 del GC contro 0,63 del GS). Entrambe le relazioni sono significative per  $p = 0,00$ .

Infine, le tabelle di seguito riportano per ciascun sottogruppo la differenza media delle medie relative alle due variabili, la deviazione standard, l'errore standard della media e gli intervalli di confidenza. Nelle ultime tre colonne vengono riportati il valore di  $t$ , i gradi di libertà e la probabilità di  $t$ :

*Tabella 6.7.3 – T test per campioni appaiati. Gruppo Sperimentale*

| Coppia                                                                  | Differenze a coppie |                 |                         |                                                   |           | t     | gl  | Sig. (2-code) |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------------------|-----------|-------|-----|---------------|
|                                                                         | Media               | Deviazione Std. | Errore Std. della Media | Intervallo di Confidenza per la differenza al 95% |           |       |     |               |
|                                                                         |                     |                 |                         | Inferiore                                         | Superiore |       |     |               |
| Indice additivo test competenza T2 - Indice additivo test competenza T1 | -1,48               | 6,52            | 0,22                    | -1,92                                             | -1,04     | -6,61 | 844 | 0,00          |

*Tabella 6.7.4 – T test per campioni appaiati. Gruppo di Controllo*

| Coppia                                                                  | Differenze a coppie |                 |                         |                                                   |           | t    | gl  | Sig. (2-code) |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------------------|-----------|------|-----|---------------|
|                                                                         | Media               | Deviazione Std. | Errore Std. della Media | Intervallo di Confidenza per la differenza al 95% |           |      |     |               |
|                                                                         |                     |                 |                         | Inferiore                                         | Superiore |      |     |               |
| Indice additivo test competenza T2 - Indice additivo test competenza T1 | 0,73                | 5,74            | 0,19                    | 0,36                                              | 1,10      | 3,85 | 911 | 0,00          |

Osservando l'*output* si conclude quanto era emerso dalle statistiche descrittive, ossia che *in entrambi i gruppi le due variabili sono significativamente diverse, ma mentre nel GS i ragazzi aumentano le conoscenze in tema di radiazioni ( $t = -6,61$ ), nel GC registrano un decremento cognitivo ( $t = 3,85$ ).*

È da osservare che l'indice misurato nelle due occasioni presenta da un lato una buona correlazione, e dall'altro una differenza significativa nelle medie. Questo risultato può sembrare paradossale ma in realtà non lo è. Infatti la correlazione elevata indica che cambia poco l'ordine di rango dei soggetti nelle due somministrazioni: quelli che presentavano punteggi sopra la media nel pretest, presentano punteggi sopra la media nel posttest, e viceversa. Invece, la differenza tra le medie mostra che, nel GS la distribuzione dei punteggi si è alzata: tutti i soggetti presentano punteggi tendenzialmente più alti nella seconda rilevazione; nel GC accade il contrario, ossia che la distribuzione si è in generale abbassata. Di fatto, è come se in media i punteggi nel primo gruppo fossero aumentati di 1,48 dalla prima alla seconda, e nel secondo gruppo diminuiti mediamente di 0,73, ma poiché questo è avvenuto per tutti più o meno allo stesso modo, il rapporto d'ordine tra i soggetti è rimasto simile, da cui la buona correlazione tra le due misure.

#### *6.7.2 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso il test di Wilcoxon*

Ci si avvale dei *test non parametrici* quando non vengono soddisfatti i requisiti per l'utilizzo dei test parametrici. Mentre questi ultimi possono misurare precise proporzioni numeriche della variabilità totale dovuta alle differenze tra le condizioni sperimentali (o tra le differenti occasioni temporali), i test non parametrici avvalendosi della misurazione ordinale, assegnano ai punteggi un ordine per ranghi, misurando indirettamente la variabilità dei punteggi dei soggetti. Per questo motivo i test parametrici restituiscono precisi valori per il calcolo della varianza, e non semplici stime, e sono quindi più potenti di quelli non parametrici. Nonostante ciò, in una strategia di triangolazione si decide di impiegare anche il *test W di Wilcoxon* che costituisce la controparte non parametrica del T test. Esso si avvale di una maggiore quantità di informazioni rispetto ad altri test adoperati per lo stesso fine, poiché non utilizza solo la direzione del cambiamento, ma anche il rango e attribuisce un peso maggiore alle differenze più grandi. L'applicazione del test richiede che i campioni siano estratti da popolazioni con distribuzione simmetrica, anche se non necessariamente normale. Il metodo si articola nei seguenti passaggi: si calcolano le differenze tra i punteggi delle due serie (mantenendo l'informazione relativa al segno delle differenze); si eliminano i casi con differenze nulle (il campione sarà di conseguenza ridotto di queste unità); si trasformano le differenze, considerate in valore assoluto, nel loro rango e, in seguito, si restituisce loro il segno della differenza corrispondente; infine, si sommano i ranghi con lo stesso segno e si sceglie il totale minore in valore assoluto che rappresenta il valore della statistica T: se è vera l'ipotesi nulla, la differenza tra le due serie di osservazioni appaiate dovrebbe essere uguale a zero, per cui la somma dei ranghi con segno positivo e negativo dovrebbe tendere a un valore medio atteso in funzione del numero di casi, ovvero di differenze, secondo la formula:  $N(N+1)/4$ . La

significatività della statistica viene calcolata confrontando la differenza tra il valore T empirico e il valore T atteso, diviso l'errore standard, con la distribuzione normale standardizzata Z.

Si riporta di seguito la tabella con le informazioni relative ai ranghi delle differenze tra le due serie di osservazioni per GS e GC. Vengono inoltre indicati i ranghi medi, ovvero la somma dei ranghi diviso il numero dei casi, e la somma dei ranghi negativi e positivi<sup>34</sup>.

*Tabella 6.7.5 – Ranghi per Gruppo Sperimentale e Gruppo di Controllo*

|                                                                         |                    | Gruppo Sperimentale |             |                  | Gruppo di Controllo |             |                  |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|
|                                                                         |                    | N                   | Rango medio | Somma dei ranghi | N                   | Rango medio | Somma dei ranghi |
| Indice additivo test competenza T2 - Indice additivo test competenza T1 | Ranghi Negativi    | 301                 | 352,76      | 106.179,50       | 451                 | 442,98      | 199.784          |
|                                                                         | Ranghi Positivi    | 473                 | 409,61      | 193.745,50       | 390                 | 395,58      | 154.277          |
|                                                                         | Valori pari merito | 71                  |             |                  | 71                  |             |                  |
|                                                                         | Totale             | 845                 |             |                  | 912                 |             |                  |

*Per quanto riguarda il GS con 845 soggetti, 301 hanno un rango negativo, avendo dato a T2 un numero di risposte corrette inferiore rispetto a quelle fornite a T1, 473 hanno rango positivo e 71 confronti hanno lo stesso valore nelle due serie. Tirando le somme, 774 casi conoscono un cambiamento cognitivo, di cui 301 nella direzione del peggioramento e 473 del miglioramento, mentre 71 sono gli stabili.*

*Relativamente al GC, si evidenzia che i casi di stabilità sono 71, in pari numero rispetto a quelli del GS; coloro che presentano ranghi negativi sono 451, ossia un peggioramento cognitivo, infine i ragazzi che migliorano le proprie conoscenze in tema di radioattività nella seconda rilevazione sono 390.*

La tabella successiva espone i risultati finali del test per GS e GC; in particolare il valore di Z è ottenuto sottraendo alla somma dei ranghi negativi il rango atteso e dividendo il risultato per l'errore standard:

---

<sup>34</sup> Si ricorda che la statistica viene calcolata sul rango che ha la somma inferiore. Nel caso del GS verrà calcolato sul rango positivo, nel GC verrà considerato quello negativo. Il rango atteso è uguale a:  $N(N+1)/4$ .

Tabella 6.7.6 – Test di Wilcoxon. Gruppo sperimentale e Gruppo di Controllo

| Indice additivo test competenza T2-Indice additivo test competenza T1 |                     |                     |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                       | Gruppo Sperimentale | Gruppo di Controllo |
| Z                                                                     | -7,05               | -3,24               |
| Sig. (2-code)                                                         | 0,00                | 0,00                |

In questo caso si può rifiutare l'ipotesi nulla di uguaglianza tra le distribuzioni delle due serie. Si può concludere circa l'esistenza di una *differenza statisticamente significativa tra la rilevazione del test di competenza nelle due occasioni, e quindi un cambiamento cognitivo in tema di radiazioni ionizzanti. I ragazzi dell'intero campione alla seconda rilevazione mutano le proprie conoscenze anche se con un'intensità diversa, maggiore quella del GS, probabilmente dovuta alla formula del doppio stimolo pretest più intervento formativo.*

### 6.7.3 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso il test di McNemar

Volendo lavorare sui dati disaggregati, ossia sui 49 indicatori del test di competenza e ottenere informazioni più puntuali, si può applicare il *test per campioni appaiati di McNemar* per ciascuna coppia di item, separatamente per il GS e il GC. Si tratta di un *test non parametrico per la significatività dei cambiamenti*, che esamina l'ipotesi che due serie appaiate siano statisticamente simili o significativamente differenti. Si applica su *dati dicotomici* e per il calcolo della significatività utilizzano solamente le risposte che hanno cambiato segno da una serie all'altra. Il metodo si articola nei seguenti passaggi: i dati vengono classificati in base a quattro combinazioni possibili di risposte binarie. Essendo codificate con zero (risposta sbagliata) e uno (risposta corretta) si avranno i seguenti casi: prima zero e dopo uno (cambiamento come miglioramento), prima zero e dopo zero (stabilità sulle risposte sbagliate), prima uno e dopo zero (cambiamento come peggioramento), prima uno e dopo uno (stabilità sulle risposte corrette). Dal momento che si valuta per ciascun sottogruppo il mutamento tra le due serie di risultati, i casi di stabilità rimasti invariati vengono ignorati. Si valuta l'ipotesi di una differenza significativa nella proporzione dei cambiamenti. Se è vera l'ipotesi nulla i cambiamenti dovrebbero essere avvenuti per caso, in altri termini, la proporzione dei casi che sono passati da un'alternativa all'altra dovrebbe essere equivalente alla proporzione dei casi che hanno cambiato nell'altra direzione.

Si espongono nelle tabelle seguenti i risultati del calcolo del *test di McNemar* separatamente per GS e GC:

Tabella 6.7.7 – Test di McNemar per campioni appaiati. Gruppo Sperimentale

| <i>Coppie</i> | <i>Item</i>                                                                                                                                                                                                                                       | <i>N</i> | <i>Chi-Quadrato</i> | <i>Sig.</i> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|-------------|
| Coppia 1      | La radioattività è un fenomeno per cui: T1 & La radioattività è un fenomeno per cui: T2                                                                                                                                                           | 825      | 33,79               | 0,00        |
| Coppia 3      | Le radiazioni non ionizzanti: T1 & Le radiazioni non ionizzanti: T2                                                                                                                                                                               | 828      | 10,15               | 0,00        |
| Coppia 5      | Emissione delle radiazioni ionizzanti T1 & Emissione delle radiazioni ionizzanti T2                                                                                                                                                               | 827      | 10,42               | 0,00        |
| Coppia 6      | Origine delle sostanze radioattive T1 & Origine delle sostanze radioattive T2                                                                                                                                                                     | 833      | 28,42               | 0,00        |
| Coppia 7      | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti T1 & Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti T2                                                                                                                       | 835      | 5,03                | 0,02        |
| Coppia 8      | Effetti delle radiazioni ionizzanti T1 & Effetti delle radiazioni ionizzanti T2                                                                                                                                                                   | 838      | 61,53               | 0,00        |
| Coppia 11     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici informatici T2                                                                         | 827      | 9,36                | 0,00        |
| Coppia 13     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T2                                     | 827      | 16,57               | 0,00        |
| Coppia 15     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T2                                           | 819      | 6,90                | 0,01        |
| Coppia 16     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T2                                                   | 832      | 21,80               | 0,00        |
| Coppia 17     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti sottoposti a controlli ecografici T2                           | 821      | 12,80               | 0,00        |
| Coppia 18     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T2                     | 830      | 29,73               | 0,00        |
| Coppia 19     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T2 | 832      | 143,82              | 0,00        |
| Coppia 20     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: lavoratori presso stabilimenti per cure termali T2                 | 828      | 4,61                | 0,03        |
| Coppia 21     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali T2                                               | 831      | 5,56                | 0,02        |
| Coppia 23     | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T2                                                                                 | 838      | 123,72              | 0,00        |
| Coppia 25     | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T2                                                                                                   | 833      | 67,09               | 0,00        |
| Coppia 32     | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T2                                   | 833      | 4,65                | 0,03        |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |       |      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|------|
| Coppia 34 | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare T1 & Rischio principale legato all'uso di energia nucleare T2                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 740 | 4,92  | 0,03 |
| Coppia 36 | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza T2                                                                                                                                                           | 831 | 31,67 | 0,00 |
| Coppia 42 | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT1o, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT1o, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T2 | 829 | 19,07 | 0,00 |
| Coppia 45 | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C T2                                                                                                                                                                                               | 826 | 8,18  | 0,00 |
| Coppia 47 | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T2                                                                                                                                                 | 831 | 11,42 | 0,00 |
| Coppia 48 | Definizione di reattore nucleare T1 & Definizione di reattore nucleare T2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 821 | 3,86  | 0,05 |

Nella tabella viene riportato il *totale dei casi* sui quali per ciascuna coppia è stato calcolato il test, il valore del test e la sua significatività, utilizzando una distribuzione del chi quadrato poiché si ha a che fare con campioni di grande numerosità. Sono state esposte esclusivamente le coppie in cui il livello *p* di probabilità risulta significativo<sup>35</sup>. *In 24 su 49 item del test di competenza al pretest e al posttest il livello *p* di probabilità risulta inferiore o uguale a 0,05.* Per tale nucleo si può dunque rifiutare l'ipotesi nulla e accettare l'ipotesi alternativa di *differenza statisticamente significativa tra i punteggi medi tra le due rilevazioni*. Detto in altri termini, *il cambiamento cognitivo si manifesta nella metà degli item esaminati*.

Le coppie di item per il GS sulle quali si registra il cambiamento più marcato e che hanno dunque il valore di chi-quadro più alto sono (celle in giallo): gli abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (143,82), l'arieggiare spesso le stanze come comportamento di protezione dalla radioattività (123,72), gli effetti delle radiazioni ionizzanti (61,53) e la radioattività è un fenomeno per cui (33,79).

---

<sup>35</sup> In Appendice si riportano nelle tabelle A55 e A56 le 49 coppie di item per il GS e il GC. Nel presente paragrafo per motivi di spazio si illustrano solo le coppie che presentano livelli di  $p \leq 0,05$ .

Tabella 6.7.8 – Test di McNemar per campioni appaiati. Gruppo di Controllo

| <i>Coppie</i> | <i>Item</i>                                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>N</i> | <i>Chi-Quadrato</i> | <i>Sig.</i> |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|-------------|
| Coppia 6      | Origine delle sostanze radioattive T1 & Origine delle sostanze radioattive T2                                                                                                                                                                                                       | 904      | 10,02               | 0,00        |
| Coppia 10     | Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi T1 & Importanza della corretta gestione dei rifiuti radioattivi T2                                                                                                                                                       | 900      | 17,41               | 0,00        |
| Coppia 13     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T2                                                                       | 899      | 4,14                | 0,04        |
| Coppia 14     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di impianti nucleari T2                                                                                         | 901      | 7,56                | 0,01        |
| Coppia 15     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T2                                                                             | 891      | 4,58                | 0,03        |
| Coppia 16     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T2                                                                                     | 900      | 16,31               | 0,00        |
| Coppia 18     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T2                                                       | 899      | 20,21               | 0,00        |
| Coppia 19     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T2                                   | 897      | 78,46               | 0,00        |
| Coppia 22     | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: macchinisti di treni ad alta velocità T2                                                                       | 899      | 3,98                | 0,05        |
| Coppia 23     | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T2                                                                                                                   | 901      | 37,29               | 0,00        |
| Coppia 24     | Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: seguire una dieta vegetariana T1                                                                                                               | 907      | 45,26               | 0,00        |
| Coppia 25     | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T2                                                                                                                                     | 898      | 11,82               | 0,00        |
| Coppia 28     | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi T2                                         | 892      | 16,75               | 0,00        |
| Coppia 30     | Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: indossare tute, maschere e accessori di protezione nel caso di professioni esposte T2     | 896      | 14,46               | 0,00        |
| Coppia 31     | Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: assumere sistematicamente delle pasticche protettive nel caso di professioni esposte T2 | 894      | 21,05               | 0,00        |
| Coppia 32     | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T2                                                                     | 905      | 9,36                | 0,00        |
| Coppia 36     | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti                                                                                                                                                                                                                | 901      | 7,34                | 0,01        |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |       |      |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|------|
|           | controlli ecografici alle donne in gravidanza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza T2                                                                                                                                                                                                                                                |     |       |      |
| Coppia 37 | Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): abbattimento degli alberi delle zone interessate T2                                                                                                                                                                                                                         | 894 | 23,78 | 0,00 |
| Coppia 40 | Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria T2 | 897 | 6,39  | 0,01 |
| Coppia 42 | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT10, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT10, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T2                 | 891 | 4,50  | 0,03 |
| Coppia 44 | Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie T2                                                                                                                                                         | 886 | 8,00  | 0,00 |
| Coppia 46 | Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte T2                                                                                                               | 894 | 14,67 | 0,00 |
| Coppia 47 | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T2                                                                                                                                                                 | 894 | 32,67 | 0,00 |

Dalla lettura dei risultati per il GC si può affermare che in questo sottogruppo *esiste una differenza statisticamente significativa in 23 su 49 item* (uno in meno rispetto al GS); anche in questo caso dunque, le conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti presentano punteggi medi differenti prima e dopo l'intervento formativo in circa la metà del test di competenza. Tuttavia esistono importanti differenze tra GS e GC in merito all'intensità del cambiamento che verranno segnalate nella tabella successiva. Il mutamento più evidente si riscontra nelle domande relative agli abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: (78,46), al seguire una dieta vegetariana (45,26), all'arieggiare spesso le stanze come comportamenti di protezione dalla radioattività (37,29) e all'evacuazione della popolazione residente nell'area interessata in caso di emergenza radiologica (32,67).

Nella tabella che segue si effettua un *confronto* tra le due tabelle precedenti che metta in relazione i risultati *in ottica comparativa tra i due sottogruppi*:

Tabella 6.7.9 – Test di McNemar. Gruppo Sperimentale e Gruppo di Controllo a confronto

| Coppie    | Item                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gruppo Sperimentale |                  |      | Gruppo di Controllo |                  |      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|------|---------------------|------------------|------|
|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | N                   | Chi-<br>Quadrato | Sig. | N                   | Chi-<br>Quadrato | Sig. |
| Coppia 6  | Origine delle sostanze radioattive T1 & Origine delle sostanze radioattive T2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 833                 | 28,42            | 0,00 | 904                 | 10,02            | 0,00 |
| Coppia 13 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario T2                                                                                                                                                                                           | 827                 | 16,57            | 0,00 | 899                 | 4,14             | 0,04 |
| Coppia 15 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici di centrali idroelettriche T2                                                                                                                                                                                                 | 819                 | 6,90             | 0,01 | 891                 | 4,58             | 0,03 |
| Coppia 16 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica T2                                                                                                                                                                                                         | 832                 | 21,80            | 0,00 | 900                 | 16,31            | 0,00 |
| Coppia 18 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti nei pressi di una centrale a carbone T2                                                                                                                                                                           | 830                 | 29,73            | 0,00 | 899                 | 20,21            | 0,00 |
| Coppia 19 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T1 & Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: abitanti in case costruite con pietre di tufo vulcanico T2                                                                                                                                                       | 832                 | 143,82           | 0,00 | 897                 | 78,46            | 0,00 |
| Coppia 23 | Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: arieggiare spesso le stanze T2                                                                                                                                                                                                                                       | 838                 | 123,72           | 0,00 | 901                 | 37,29            | 0,00 |
| Coppia 25 | Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: smettere di fumare T2                                                                                                                                                                                                                                                         | 833                 | 67,09            | 0,00 | 898                 | 11,82            | 0,00 |
| Coppia 32 | Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T1 & Comportamento di protezione dalla radioattività: predisporre finestre con doppi vetri negli edifici T2                                                                                                                                                                                         | 833                 | 4,65             | 0,03 | 905                 | 9,36             | 0,00 |
| Coppia 36 | Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza T2                                                                                                                                                           | 831                 | 31,67            | 0,00 | 901                 | 7,34             | 0,01 |
| Coppia 42 | Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT10, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo meT10, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni T2 | 829                 | 19,07            | 0,00 | 891                 | 4,50             | 0,03 |
| Coppia 47 | Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T1 & Emergenza radiologica (azione protettiva): evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza T2                                                                                                                                                 | 831                 | 11,42            | 0,00 | 894                 | 32,67            | 0,00 |

Vengono riportate solo le 12 coppie in comune per le quali è registrata una differenza statisticamente significativa. Dalla tavola si nota che in 10 item il valore del test è più elevato per il GS. I valori più elevati per il GS sono imputabili al doppio stimolo indirizzato a questo gruppo. Tali ragazzi, oltre alla prima rilevazione, hanno ricevuto una efficace lezione formativa che li ha stimolati ad apprendere (e in alcuni casi ad approfondire autonomamente) alcuni aspetti finora sconosciuti sul tema delle radiazioni ionizzanti e a cambiare alcune credenze precedentemente errate.

Solo in due occasioni tale superiorità non è garantita e riguarda questioni relative all'evacuazione della popolazione residente nell'area interessata in caso di emergenza radiologica (32,67 del GC contro 11,42 del GS) e al predisporre finestre con doppi vetri negli edifici come comportamento di protezione dalla radioattività (9,36 del GC contro 4,65 del GS).

## 6.8 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso la Multiway Analysis

L'analisi del cambiamento cognitivo in tema di radiazioni può essere affrontata anche attraverso un *approccio tipicamente esplorativo multidimensionale* che prevede cioè l'utilizzo congiunto di più informazioni contemporaneamente su un numero considerevole di unità statistiche. In particolare, si è scelto di applicare la *Multiway analysis*<sup>36</sup> o *Analisi a più vie*, ed in particolare la *three-way data analysis* (l'analisi dei dati a 3-vie), che rientra tra le *Analisi Esplorative Multidimensionali dei Dati* (EMDA-Exploratory Multidimensional Data Analysis), ossia un gruppo numeroso di *tecniche statistiche multivariate* adatte ad analizzare statisticamente, *sotto diversi aspetti secondo gli scopi della ricerca*, fenomeni complessi caratterizzati da molte *unità statistiche* sulle quali sono rilevati molti *caratteri statistici* rappresentativi di diversi aspetti o dimensioni tra loro interagenti multidimensionali, multi-fattoriali. Obiettivo di questa tecnica è pervenire ad una valutazione comparativa e sintetica delle *tabelle multiple*, ossia una esplorazione e sintesi di più matrici globalmente e contemporaneamente considerate. Il disegno di ricerca quasi-sperimentale, come più volte espresso, prevede la rilevazione delle stesse informazioni in due intervalli temporali a due sottogruppi, uno dei quali (gruppo sperimentale) ha ricevuto tra le due occasioni un intervento formativo. *L'analisi del cambiamento avviene in ottica diacronica* confrontando i

---

<sup>36</sup> Esistono diverse tecniche di *multiway data analysis* basate sulle matrici a tre indici: *Procrustean analysis*, *Multidimensional scaling* metrica e non metrica, *Multiple Factorial Analysis*, *Act- Méthode Statis* e *Act-Méthode Statis-Duale*, *Generalised Canonical Analysis*. Nelle applicazioni che seguiranno, si considererà l'analisi dei dati e tre modi e tre vie riferita a dati quantitativi e, in particolare, i metodi *Statis* (*Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique*) e *AFM* (*Analyse Factorielle Multiple*).

risultati emersi tra le tabelle dei dati *all'interno di ciascun soggetto* di ogni sottogruppo e *sincronicamente tra i soggetti* di ogni sottogruppo. Successivamente, restituendo alla logica sperimentale la sua ragion d'essere, si comparano tali risultanze tra GS e GC.

#### 6.8.1 La tecnica

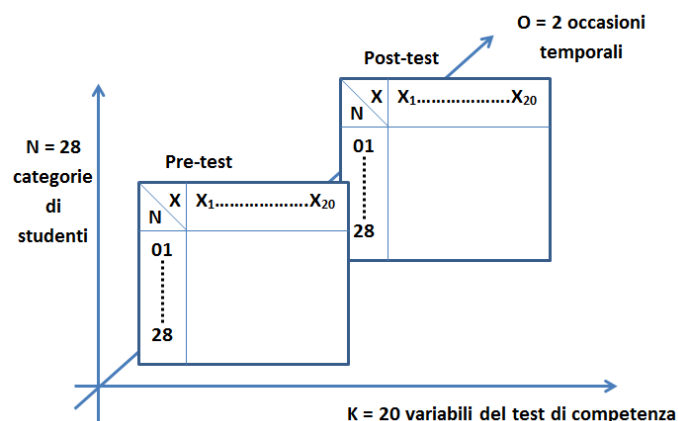
I dati a disposizione si prestano bene ad essere analizzati attraverso la tecnica della *multiway analysis* che consente di esaminare contemporaneamente e globalmente più matrici dei dati a due-modi<sup>37</sup> e due-indici<sup>38</sup>  $X_{n,k}$ , scegliendo a priori un terzo indice o *criterio* denominato '*occasioni*', che può essere rappresentato da tempi, luoghi, situazioni di ricerca o altro. Nel presente caso le unità statistiche saranno i 1.757 soggetti, di cui 845 facenti parte del GS e 912 appartenenti al GC; le variabili sono rappresentate dal test di competenza in tema di radioattività e le occasioni sono i tempi, ossia le due rilevazioni di pretest e posttest. La *multiway analysis* mette in relazione contemporaneamente e simultaneamente tutte queste informazioni in un'ottica multidimensionale. Conducendo l'analisi separatamente per ciascun gruppo, si seguiranno nel tempo gli studenti che hanno ricevuto il doppio stimolo e coloro che hanno affrontato solo la compilazione dei questionari. In questo modo, come ribadito poco sopra, si riesce a dar conto del cambiamento in ottica diacronica ed effettuando altresì un confronto sincronico tra l'andamento dei risultati nei due sottocampioni. Verranno condotte *due analisi a 3-vie*, una specificamente per il GS e una per il GC. Schematicamente si possono rappresentare *dati cubici* – ossia dati strutturati come un ipercubo multidimensionale in cui ogni lato è una dimensione – come segue:

---

<sup>37</sup> Per *modo* si intende il tipo di informazioni considerate nella matrice in esame come ad esempio il modo "individui" e il modo "variabili", ma potrebbero essere altri modi come luoghi, tempi, ecc.

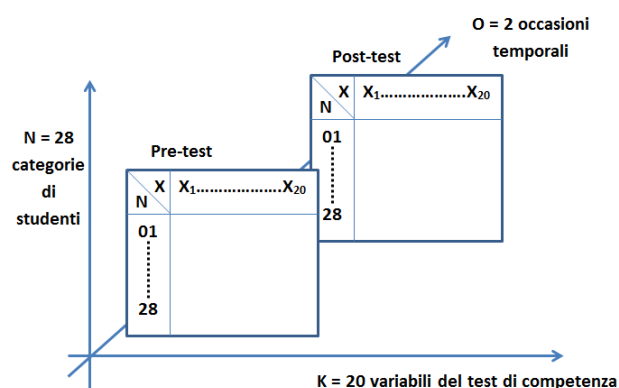
<sup>38</sup> Gli *indici* indicano il criterio di classificazione del dato statistico  $x_{ij}$  in cui  $i \in N$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) sono gli individui e  $j \in K$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) sono le variabili statistiche considerate.

Figura 6.8.1 – L'analisi dei dati a tre-modi e tre-vie. Gruppo Sperimentale



Fonte: nostra ri-elaborazione da Fraire, 1994, p. 29

Figura 6.8.2 – L'analisi dei dati a tre-modi e tre-vie. Gruppo di Controllo



Fonte: nostra ri-elaborazione da Fraire, 1994, p. 29

Le prime due fasi di AMD (paragrafo 6.1) riguardano la *documentazione statistica di partenza* e la codifica a priori che conduce alla costruzione della matrice dei dati iniziali – nella fattispecie la *tabella inventario* – che classifica in riga i casi e in colonna le informazioni rilevate attraverso il questionario in due occasioni temporali. Si passa alle codifiche a posteriori di terza e quarta fase per rendere compatibile la suddetta matrice con la tecnica di AMD che si andrà ad utilizzare.

La tecnica della *multiway analysis* impone alcune trasformazioni da operare sulle righe e sulle colonne della matrice per tre ragioni:

- la numerosità delle unità statistiche considerate comporta il rischio di sovra-rappresentazione (*overfitting*);
- la presenza di variabili-modalità nell'accezione di "risposte corrette" e "risposte sbagliate" rendono le informazioni disponibili speculari e ridondanti;

- per garantire la stabilità dei risultati la matrice dei dati deve essere il più rettangolare possibile, ossia il numero delle unità deve essere generalmente nettamente superiore a quello delle variabili.

Per tali motivi si sono effettuate una serie di codifiche sia sulle unità statistiche, sia sulle variabili considerate. Per quanto riguarda i casi, si è proceduto a ricodificare (terza fase AMD) le N=1.757 unità (*microdati*) in N=28 categorie di popolazione (*macrodati*) ottenute considerando le seguenti variabili: città, tipo di istituto, percorso formativo, approfondimento personale, capitale culturale familiare, genere, interesse per la politica, associazionismo e impegno sociale, comportamenti eco-compatibili, indicazione di problemi ambientali tra le urgenze del pianeta, tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari e tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi. Nella tabella che segue si riportano le variabili (relativi codici) e le modalità (relativi codici) che hanno determinato la costituzione delle 28 categorie di studenti:

*Tabella 6.8.1 – Le variabili e le relative modalità per la costruzione delle categorie di popolazione*

| <i>Codice<br/>variabile</i> | <i>Variabile</i>                                              | <i>Codice<br/>modalità</i> | <i>Modalità</i>                                                                                     |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V41                         | Città                                                         | V41_1                      | Città di Roma                                                                                       |
|                             |                                                               | V41_2                      | Città di Frosinone                                                                                  |
|                             |                                                               | V41_3                      | Città di Latina                                                                                     |
|                             |                                                               | V41_4                      | Città di Viterbo                                                                                    |
| V42                         | Tipo di scuola                                                | V42_1                      | Scuola superiore liceo                                                                              |
|                             |                                                               | V42_2                      | Scuola superiore istituto tecnico                                                                   |
|                             |                                                               | V42_3                      | Scuola superiore istituto professionale                                                             |
| V43                         | Percorso formativo                                            | V43_1                      | 1° e 2° classe                                                                                      |
|                             |                                                               | V43_2                      | 3° 4° e 5° classe                                                                                   |
| V44                         | Approfondimento personale                                     | V44_1                      | NON approfondimento di propria iniziativa il tema della radioattività successivamente al primo test |
|                             |                                                               | V44_2                      | Approfondimento di propria iniziativa il tema della radioattività successivamente al primo test     |
| V45                         | Capitale culturale familiare                                  | V45_1                      | Capitale culturale Basso                                                                            |
|                             |                                                               | V45_2                      | Capitale culturale Medio                                                                            |
|                             |                                                               | V45_3                      | Capitale culturale Alto                                                                             |
| V46                         | Genere                                                        | V46_1                      | Maschi                                                                                              |
|                             |                                                               | V46_2                      | Femmine                                                                                             |
| V47                         | Interesse per la politica                                     | V47_1                      | Interessati verso la politica T1                                                                    |
|                             |                                                               | V47_2                      | NON interessati verso la politica T1                                                                |
| V48                         | Associazionismo e impegno sociale                             | V48_1                      | NON partecipazione a gruppi o associazioni T1                                                       |
|                             |                                                               | V48_2                      | Partecipazione a gruppi o associazioni T1                                                           |
| V49                         | Comportamenti eco-compatibili                                 | V49_1                      | Adozione di comportamenti eco-compatibili T1                                                        |
|                             |                                                               | V49_2                      | NON adozione di comportamenti eco-compatibili T1                                                    |
| V50                         | Indicazione di problemi ambientali tra le urgenze del pianeta | V50_1                      | Problemi ambientali NON tra i più urgenti del pianeta T1                                            |
|                             |                                                               | V50_2                      | Problemi ambientali tra i più urgenti del pianeta T1                                                |
| V51                         | Tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari        | V51_1                      | NON presenza di tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari T1                           |
|                             |                                                               | V51_2                      | presenza di tumori e malformazioni genetiche tra                                                    |

|     |                                                        |                      |                                                                             |
|-----|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                        | amici e familiari T1 |                                                                             |
| V52 | Tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi | V52_1                | NON affrontato il tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi T1 |
|     |                                                        | V52_2                | Affrontato il tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi T1     |

Per quanto concerne le *variabili di analisi*, si è proceduto ad aggregare in due alternative le risposte possibili<sup>39</sup>: risposta corretta e risposta sbagliata. In origine si sono considerati i 49 item del test di competenza, dei quali sono state selezionate solo le risposte corrette – in quanto le risposte sbagliate risultavano ridondanti. Inoltre, per rendere quanto più possibile bilanciato il numero delle colonne con quello delle righe, sono state scelte solo le prime 20 domande che, sulla base degli incroci tra le risposte date al pretest e al posttest, hanno registrato i più marcati miglioramenti nel gruppo sperimentale<sup>40</sup>. Si riportano di seguito le variabili (relativi codici) e le modalità (relativi codici) sulle quali verrà effettuata l'analisi a 3-vie:

---

<sup>39</sup> L'alternativa di risposta "non so", non essendo una risposta corretta, è stata aggregata alla risposta sbagliata.

<sup>40</sup> È possibile effettuare un controllo di tale selezione poiché nel paragrafo 6.2 vengono riportate le tavole in cui si incrociano le risposte a T1 e a T2 per ciascuna variabile, separatamente per GS e GC.

Tabella 6.8.2 – Le variabili e le relative modalità

| Pretest          |                                                                                                                                                                                                                    |                 |                   |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Codice variabile | Variabile                                                                                                                                                                                                          | Codice modalità | Modalità          |
| V1               | La radioattività è un fenomeno per cui:                                                                                                                                                                            | V1_1            | Risposta corretta |
| V2               | Le radiazioni ionizzanti:                                                                                                                                                                                          | V2_1            | Risposta corretta |
| V3               | Le radiazioni non ionizzanti:                                                                                                                                                                                      | V3_1            | Risposta corretta |
| V4               | Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                            | V4_1            | Risposta corretta |
| V5               | Origine delle sostanze radioattive                                                                                                                                                                                 | V5_1            | Risposta corretta |
| V6               | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                          | V6_1            | Risposta corretta |
| V7               | Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                                | V7_1            | Risposta corretta |
| V8               | Principio di ottimizzazione                                                                                                                                                                                        | V8_1            | Risposta corretta |
| V9               | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti                                                                                                                                            | V9_1            | Risposta corretta |
| V10              | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                                                                                                                 | V10_1           | Risposta corretta |
| V11              | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                                                                                                                        | V11_1           | Risposta corretta |
| V12              | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                                                                                                                      | V12_1           | Risposta corretta |
| V13              | Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità                                                                    | V13_1           | Risposta corretta |
| V14              | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                  | V14_1           | Risposta corretta |
| V15              | Azioni durante un'emergenza radiologica: controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | V15_1           | Risposta corretta |
| V16              | Azioni durante un'emergenza radiologica: riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | V16_1           | Risposta corretta |
| V17              | Azioni durante un'emergenza radiologica: ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | V17_1           | Risposta corretta |
| V18              | Azioni durante un'emergenza radiologica: utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | V18_1           | Risposta corretta |
| V19              | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                                                                                                              | V19_1           | Risposta corretta |
| V20              | Definizione di reattore nucleare                                                                                                                                                                                   | V20_1           | Risposta corretta |
| Postest          |                                                                                                                                                                                                                    |                 |                   |
| V21              | La radioattività è un fenomeno per cui:                                                                                                                                                                            | V21_1           | Risposta corretta |
| V22              | Le radiazioni ionizzanti:                                                                                                                                                                                          | V22_1           | Risposta corretta |
| V23              | Le radiazioni non ionizzanti:                                                                                                                                                                                      | V23_1           | Risposta corretta |
| V24              | Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                            | V24_1           | Risposta corretta |
| V25              | Origine delle sostanze radioattive                                                                                                                                                                                 | V25_1           | Risposta corretta |
| V26              | Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                          | V26_1           | Risposta corretta |
| V27              | Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                                | V27_1           | Risposta corretta |
| V28              | Principio di ottimizzazione                                                                                                                                                                                        | V28_1           | Risposta corretta |

|     |                                                                                                                                                                                                                    |       |                   |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| V29 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antenisti                                                                                                                                             | V29_1 | Risposta corretta |
| V30 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                                                                                                                 | V30_1 | Risposta corretta |
| V31 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                                                                                                                        | V31_1 | Risposta corretta |
| V32 | Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                                                                                                                      | V32_1 | Risposta corretta |
| V33 | Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità                                                                    | V33_1 | Risposta corretta |
| V34 | Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                  | V34_1 | Risposta corretta |
| V35 | Azioni durante un'emergenza radiologica: controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | V35_1 | Risposta corretta |
| V36 | Azioni durante un'emergenza radiologica: riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | V36_1 | Risposta corretta |
| V37 | Azioni durante un'emergenza radiologica: ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | V37_1 | Risposta corretta |
| V38 | Azioni durante un'emergenza radiologica: utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | V38_1 | Risposta corretta |
| V39 | Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                                                                                                              | V39_1 | Risposta corretta |
| V40 | Definizione di reattore nucleare                                                                                                                                                                                   | V40_1 | Risposta corretta |

Le tabelle dei dati<sup>41</sup>, una per il GS e una per il GC, sulle quali verrà applicata la tecnica, prevedono una matrice ordine 28 x 40, costituita cioè da 28 righe, rappresentanti le categorie di popolazione, e da 40 colonne, indicanti le risposte corrette a 20 item del test di competenza per le due occasioni di rilevazione. Ciascuna matrice è stata trasformata, per opera delle codifiche a posteriori (quarta fase AMD), in una *matrice*  $N_{r,s}$  di *contingenza normalizzata*<sup>42</sup>, ottenuta ponderando le frequenze assolute delle 40 variabili-modalità considerate per la numerosità  $N$  degli studenti del GS e del GC. Ogni cella è costituita da *dati statistici*  $x_{ij}$  rappresentati da *frequenze relative* (numeri reali razionali positivi). Ogni *riga* della matrice può essere vista come un vettore numerico a  $k$  dimensioni indicante le coordinate di un punto-individuo in uno spazio  $R^k$  a  $k$ -

<sup>41</sup> Si riporta in appendice (Tabb. A57-A58) uno stralcio delle tabelle dei dati per il GS e per il GC costituenti le matrici dei dati a 3-vie considerate per le *analisi multiway*, facendo riferimento in particolare alla forma richiesta dal *software* statistico SPAD 4.5 che impone di costruire le matrici collocando consecutivamente le variabili delle due occasioni considerate.

<sup>42</sup> Tale matrice ha *struttura algebrica di spazio vettoriale euclideo*, ciò significa che ad essa possono essere applicate tutte le operazioni tra matrici, la maggior parte dei metodi di analisi dei dati e differenti metriche tra unità statistiche o tra variabili.

dimensioni denominato spazio delle unità statistiche; ogni *colonna* è rappresentata da un vettore numerico a  $n$  dimensioni indicante le coordinate di un punto-variabile nello spazio  $R^n$  a  $n$ -dimensioni denominato spazio delle variabili. Tra le diverse tabelle possibili che si possono costruire, nella presente ricerca le matrici  $_{O=2}X_{N=28;K=20}$  per il GS e per il GC sono definite dai seguenti elementi:

$N = 28$  *categorie di studenti* ottenuti dall'incrocio delle seguenti variabili: città, tipo di istituto, percorso formativo, approfondimento personale, capitale culturale familiare, genere, interesse per la politica, associazionismo e impegno sociale, comportamenti eco-compatibili, indicazione di problemi ambientali tra le urgenze del pianeta, tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari e tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi;

$X_j (j=1,2,...,k) = 20$  *variabili-modalità* rappresentate dagli item del *test di competenza*;

$O_r (r=1,2) = 2$  occasioni di rilevazione: *pretest e posttest*.

In altri termini, si tratta di una matrice di dimensione  $[(N \times K), O]$  in cui si considerano *uguali sia le  $N$  u.s. che le  $K$  variabili* rilevate in  $O$  occasioni successive. Per tale ragione le matrici  $_{O=2}X_{N=28;K=20}$  possono anche essere formalizzate come segue:  $X_{(N=28 \times K=20), O=2}$

### 6.8.2 I risultati

Sulle *tabelle dei dati* costituenti le matrici dei dati a 3-vie del GS e del GC è stata eseguita l'analisi che, come noto, si sviluppa in tre fasi interconnesse:

- analisi dell'interstruttura;
- analisi dell'intrastruttura;
- analisi delle traiettorie e/o delle categorie di popolazione.

In tutti i casi si considerando le *28 unità statistiche attive* definite dalle categorie di studenti e *20 modalità-variabili attive*, rappresentate dalle risposte corrette a 20 item del test di competenza in tema di radiazioni.

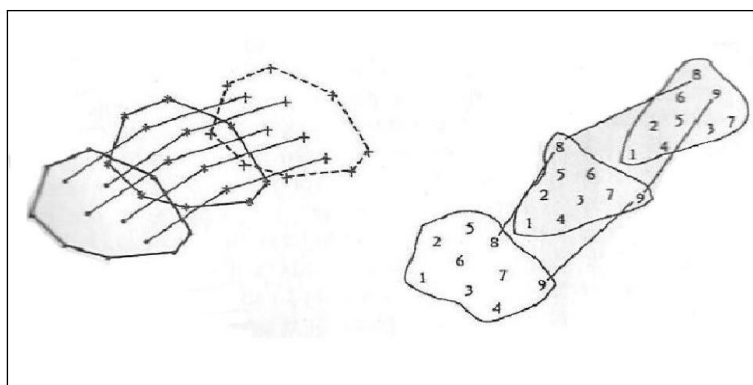
Le tre analisi sono eseguite in successione e tra loro concatenate, ossia i risultati della prima costituiscono la tabella dei dati della seconda e questi a sua volta della terza. Per tale motivo sono molto importanti i *feedback* (paragrafo 6.1), ossia informazioni di ritorno, nel senso che l'output di un'analisi costituisce la nuova tabella dei dati da sottoporre ad un'ulteriore analisi. Nel presente

caso si hanno due *feedback*: il *primo* riguarda la *matrice compromesso* ottenuta dalla prima esecuzione dell'analisi *multiway* riguardante l'interstruttura; il *secondo feedback* è costituito dalla *matrice delle coordinate fattoriali* ottenute alla fine dell'esecuzione della seconda analisi *multiway* relativa all'intrastruttura o compromesso.

#### 6.8.2.1 L'analisi dell'interstruttura

L'analisi dell'interstruttura realizzata con il metodo Statis (*Structuration des Tableaux A Trois Indices de la Statistique*) consente di esaminare la distanza tra le due matrici di pretest e posttest globalmente considerate. In altri termini, permette di valutare tra le due tabelle dei dati nelle due occasioni *la distanza che si traduce nei termini di cambiamento, o la vicinanza che si traduce nei termini di stabilità*:

Figura 6.8.3 – Strutture simili e strutture diverse dei dati



Fonte: Bolasco, 1999, p. 252

Si tratta di stabilire se le 28 categorie di studenti rispetto alle risposte corrette dei 20 item del test di competenza rilevate hanno nelle due occasioni una *struttura simile o dissimile*.

A tal scopo si calcola per ciascun sottogruppo la *matrice delle distanze euclidee* tra matrici di correlazione. Tali matrici sono simmetriche, quadrate, e nel presente caso, di dimensione 2x2 (perchè sono 2 le occasioni considerate). L'indice varia tra 1, nel caso di *massima similarità*, ossia quando i risultati di pretest e posttest coincidono indicando una perfetta stabilità, e 0, nel caso di *massima dissimilarità*, cioè quando le risposte date dagli studenti a T1 e a T2 sono massimamente differenti evidenziando un totale cambiamento. Nell'applicazione considerata la metrica scelta riguarda la distanza tra coefficienti di correlazione. Si presentano di seguito tali matrici per il GS e il GC:

Tabella 6.8.3 – Matrice delle distanze euclidee

|         | Gruppo Sperimentale |         | Gruppo di Controllo |         |
|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|         | Pretest             | Postest | Pretest             | Postest |
| Pretest | 0,00                |         | 0,00                |         |
| Postest | <b>0,53</b>         | 0,00    | <b>0,33</b>         | 0,00    |

Il GS presenta un valore di distanza globale tra pretest e postest pari a 0,53 e ciò indica una *media relazione* tra le risposte corrette date nelle due occasioni che si traduce in una *media distanza*. Le due tabelle presentano dunque due strutture in parte simili e in parte differenti. Il GC invece registra un valore di distanza pari a 0,33, ben inferiore a quello del GS e ciò indica una *maggior vicinanza* tra i punteggi di pretest e postest per chi non ha ricevuto l'intervento sperimentale, ossia una maggiore stabilità. Coerentemente con i risultati emersi nelle analisi precedenti, *chi è stato esposto anche alla campagna informativa esibisce un cambiamento maggiore rispetto a chi effettua solo il pretest*.

Andando a verificare quali sono gli item che contribuiscono maggiormente alla distanza tra le due strutture di dati, si espone la tabella seguente che riporta la somma delle distanze al quadrato per ciascuno dei 20 item per GS e GC:

Tabella 6.8.4 – Somma delle distanze al quadrato

| Item                                                                                                                                                                                                                 | GS            | GC             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|
| La radioattività è un fenomeno per cui:                                                                                                                                                                              | 1,84%         | 1,12 %         |
| Le radiazioni ionizzanti:                                                                                                                                                                                            | 1,64%         | 4,42 %         |
| Le radiazioni non ionizzanti:                                                                                                                                                                                        | <b>8,18%</b>  | 4,12 %         |
| Definizione delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                              | 1,06%         | 4,01 %         |
| Origine delle sostanze radioattive                                                                                                                                                                                   | 2,56%         | 2,70 %         |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                            | 6,69%         | 1,37 %         |
| Effetti delle radiazioni ionizzanti                                                                                                                                                                                  | 3,87%         | 1,14 %         |
| Principio di ottimizzazione in materia di protezione dalle radiazioni                                                                                                                                                | 4,74%         | 3,87 %         |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: antennisti                                                                                                                                              | 7,16%         | 3,10 %         |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: tecnici radiologi in ambito sanitario                                                                                                                   | 1,82%         | <b>9,49 %</b>  |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: pazienti in cura radioterapica                                                                                                                          | 1,86%         | 4,80 %         |
| Soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti: piloti di voli intercontinentali                                                                                                                        | <b>10,43%</b> | 3,68 %         |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ricorrere a controlli radiologici e trattamenti di medicina nucleare solo in caso di necessità                                                                      | 1,46%         | 1,61 %         |
| Comportamento di protezione dalla radioattività: ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi                                                                                                    | 1,31%         | <b>34,72 %</b> |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | <b>8,02%</b>  | 3,28 %         |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo                        | 2,47%         | 2,42 %         |

|                                                                                                                                                                                                  |        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| dell'aria                                                                                                                                                                                        |        |        |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni | 9,94%  | 2,72 % |
| Emergenza radiologica (azione protettiva): utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                  | 2,35%  | 3,87 % |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare                                                                                                                                            | 20,81% | 3,97 % |
| Definizione di reattore nucleare                                                                                                                                                                 | 1,72%  | 3,80 % |

Relativamente al GS, nelle celle in giallo sono evidenziati gli item i cui risultati sono più dissimili nelle due rilevazioni. Ciò indica che in quelle domande i ragazzi del GS hanno maggiormente cambiato idea. Le domande in questione sono: il rischio principale legato all'uso di energia nucleare (20,81%), i piloti di voli intercontinentali come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (10,43%), l'ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni come azione protettiva in caso di emergenza radiologica (9,94%), le radiazioni non ionizzanti (8,18%) e il controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose quale azione protettiva in caso di emergenza radiologica (8,02%).

Per quanto concerne il GC, le celle in arancio sottolineano i quesiti in cui si riscontra il maggior cambiamento nei ragazzi che non ricevono la lezione formativa: il ritrattare i rifiuti radioattivi e custodirli in idonei depositi come comportamento di protezione dalla radioattività (34,72%) e i tecnici radiologi in ambito sanitario quali soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti (9,49%).

#### 6.8.2.2 L'analisi dell'intrastruttura

L'analisi dell'intrastruttura, realizzata sempre con il metodo Statis, consente l'individuazione, separatamente per ciascun gruppo, dei *punti-variabili medi*, ossia dalle risposte corrette a 20 item del test di competenza, e dei *punti-categorie medi* attraverso le due occasioni di rilevazione. Basata sull'analisi fattoriale, tale applicazione diagonalizza la matrice media o *matrice compromesso*, che rappresenta la sintesi delle due matrici, data dalla media aritmetica ponderata delle matrici di similarità o distanza  $N \times N$  tra individui. Si ottengono i seguenti risultati separatamente per il GS e il GC:

Tabella 6.8.5 – Tabella degli autovalori e varianze spiegate per il Gruppo Sperimentale

| NUMERO | VALEUR<br>PROPRE | POURCENT. | POURCENT.<br>CUMULE | HISTOGRAMME |
|--------|------------------|-----------|---------------------|-------------|
| 1      | 19,45            | 97,26     | 97,26               | *****       |
| 2      | 0,22             | 1,08      | 98,33               | *           |
| 3      | 0,08             | 0,42      | 98,76               | *           |
| 4      | 0,05             | 0,27      | 99,02               | *           |
| 5      | 0,04             | 0,2       | 99,23               | *           |

Tabella 6.8.6 – Tabella degli autovalori e varianze spiegate per il Gruppo di Controllo

| NUMERO | VALEUR<br>PROPRE | POURCENT. | POURCENT.<br>CUMULE | HISTOGRAMME |
|--------|------------------|-----------|---------------------|-------------|
| 1      | 19,59            | 97,94     | 97,94               | *****       |
| 2      | 0,26             | 1,32      | 99,26               | *           |
| 3      | 0,05             | 0,26      | 99,52               | *           |
| 4      | 0,03             | 0,14      | 99,66               | *           |
| 5      | 0,02             | 0,09      | 99,75               | *           |

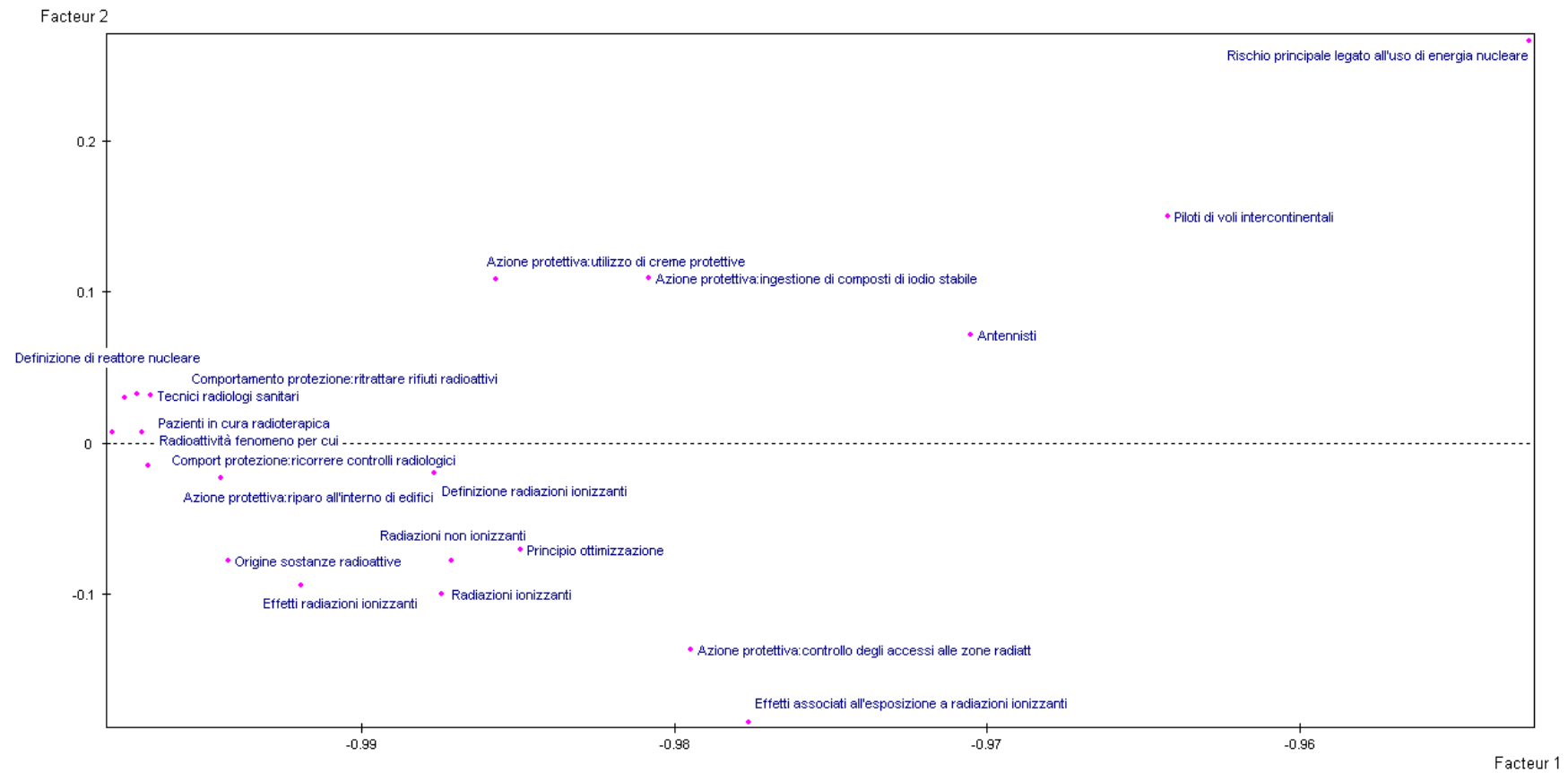
Ci si è limitati a riportare solo i *primi cinque fattori compromesso* estratti. In entrambi i gruppi il primo asse presenta un autovalore  $\lambda_1$  molto alto (19,45 per il GS e 19,59 per il GC) cui corrisponde una varianza spiegata altrettanto molto elevata pari al 97,26% per il GS e del 97,94% per il GC. Il secondo autovalore  $\lambda_2$  (0,22 per il GS e 0,26 per il GC) fornisce un contributo molto esiguo dell'1,08% per il GS e dell'1,32% per il GC. La grande distanza tra il primo fattore e tutti gli altri indica la presenza di un'unica *struttura latente*<sup>43</sup>, rappresentata dalle 20 variabili-modalità, che può essere interpretata semanticamente come *"acquisizione delle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti"*. Il secondo asse fattoriale verrà riportato quindi solo per esigenze grafiche di illustrazione dei punti-medi delle variabili e delle unità.

È possibile proiettare sul primo piano fattoriale sia le 20 variabili (punti-variabili medi) sia le 28 categorie di popolazione (punti-individui medi) rispetto ai primi due assi compromesso, separatamente per il GS e il GC. Si riportano *in primis i punti-variabili medi* per il GS:

---

<sup>43</sup> Per quanto in questa sede non sia stata svolta sull'intero test di competenza ma solo sulla selezione di 20 variabili-modalità, l'analisi fattoriale dimostra la presenza di un *concetto-struttura*, così come annunciato nella definizione teorica del concetto delle conoscenze in tema di radiazioni e nell'individuazione delle relative dimensioni (paragrafo 4.3.1).

Grafico 6.8.1 – Plot dei punti-variabili medi. Gruppo Sperimentale



Per l'interpretazione del plot si riportano nella tabella seguente i diversi coefficienti statistici che simultaneamente danno informazioni tra loro complementari: le coordinate fattoriali, i contributi assoluti e il coseno quadrato delle variabili-modalità attive che hanno contribuito alla formazione dei primi due assi:

*Tabella 6.8.7 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati dei punti-variabili medi.  
Gruppo Sperimentale*

| VARIABLE                                                    | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|                                                             | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Radioattività fenomeno per cui                              | -1,00       | 0,01  | 0,05          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Radiazioni ionizzanti                                       | -0,99       | -0,10 | 0,05          | 0,05  | 0,98           | 0,01  |
| Radiazioni non ionizzanti                                   | -0,99       | -0,08 | 0,05          | 0,03  | 0,97           | 0,01  |
| Definizione radiazioni ionizzanti                           | -0,99       | -0,02 | 0,05          | 0,00  | 0,98           | 0,00  |
| Origine sostanze radioattive                                | -0,99       | -0,08 | 0,05          | 0,03  | 0,99           | 0,01  |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti   | -0,98       | -0,19 | 0,05          | 0,16  | 0,96           | 0,03  |
| Effetti radiazioni ionizzanti                               | -0,99       | -0,09 | 0,05          | 0,04  | 0,98           | 0,01  |
| Principio ottimizzazione                                    | -0,98       | -0,07 | 0,05          | 0,02  | 0,97           | 0,00  |
| Antennisti                                                  | -0,97       | 0,07  | 0,05          | 0,02  | 0,94           | 0,01  |
| Tecnici radiologi sanitari                                  | -1,00       | 0,03  | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Pazienti in cura radioterapica                              | -1,00       | 0,01  | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Piloti di voli intercontinentali                            | -0,96       | 0,15  | 0,05          | 0,10  | 0,93           | 0,02  |
| Comport protezione:ricorrere controlli radiologici          | -1,00       | -0,02 | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Comportamento protezione:ritrattare rifiuti radioattivi     | -1,00       | 0,03  | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Azione protettiva:controllo degli accessi alle zone radiatt | -0,98       | -0,14 | 0,05          | 0,09  | 0,96           | 0,02  |
| Azione protettiva:riparo all'interno di edifici             | -0,99       | -0,02 | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Azione protettiva:ingestione di composti di iodio stabile   | -0,98       | 0,11  | 0,05          | 0,06  | 0,96           | 0,01  |
| Azione protettiva:utilizzo di creme protettive              | -0,99       | 0,11  | 0,05          | 0,05  | 0,97           | 0,01  |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare       | -0,95       | 0,27  | 0,05          | 0,33  | 0,91           | 0,07  |
| Definizione di reattore nucleare                            | -1,00       | 0,03  | 0,05          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |

Il *contributo assoluto (contributions)* di ciascuna variabile-modalità attiva rappresenta la quota di varianza totale riprodotta dalla modalità cui si riferisce, quindi serve per *individuare le modalità che più significativamente servono a generare i fattori*. Il contributo assoluto valuta quanto una certa modalità ha pesato nel determinare un certo fattore.

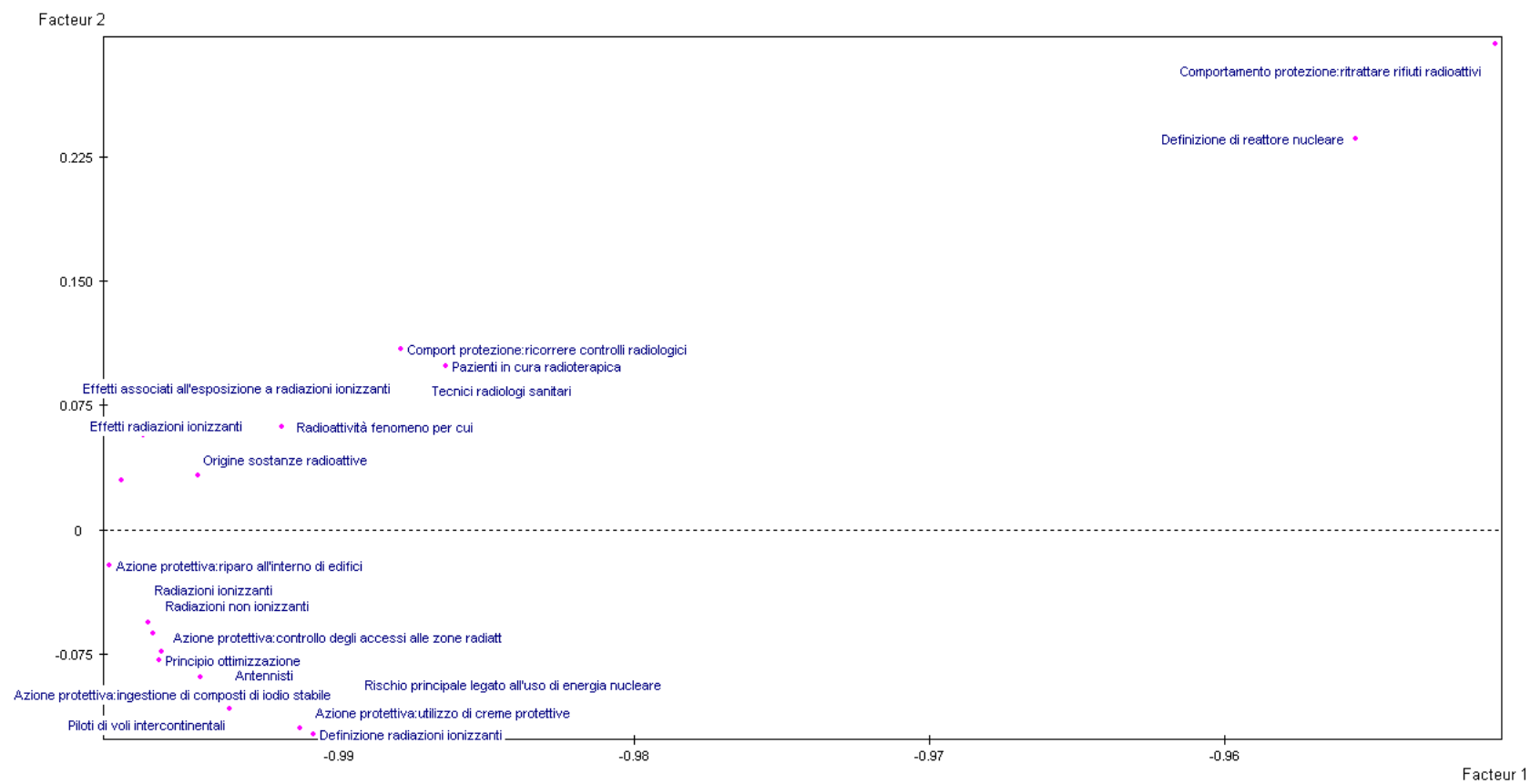
Il *coseno quadrato (cosinus carrés)* o *contributo relativo* di ciascuna variabile-modalità attiva valuta la *qualità della rappresentazione* nel passaggio da uno spazio  $R^p$  ad uno  $R^{k \ll p}$ , ossia il contributo fornito da ogni singolo fattore alla sintesi dell'inerzia delle modalità. Esso varia tra 0 e 1: se è basso la modalità non è ben rappresentata sul fattore e, viceversa, quanto più si approssima ad 1, tanto più la modalità gioca un ruolo determinante nella formazione dell'asse.

Le *coordinate fattoriali (cordonnées)* di ogni variabile-modalità attiva e illustrativa possono avere segno positivo o negativo e *indicano la posizione delle modalità sui fattori*, sia in termini di distanza dal punto zero, sia in termini di versante positivo o negativo del fattore considerato.

Dall'analisi congiunta di grafico e tabella emerge che nel GS *tutte le variabili sono ben rappresentate sul primo asse fattoriale compromesso*, poiché possiedono tutte un contributo relativo che si approssima ad 1. Il dato più interessante si riferisce alle coordinate fattoriali attraverso le quali, com'era da aspettarsi, si nota una distribuzione nel plot abbastanza schiacciata sul solo primo fattore. Le variabili che si allontanano dall'origine degli assi sono quelle che danno *un contributo maggiore alla formazione del fattore compromesso*. In particolare emergono: il rischio principale legato all'uso di energia nucleare, i piloti di voli intercontinentali come soggetti particolarmente esposti alle radiazioni ionizzanti, l'ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni come azione protettiva in caso di emergenza radiologica, le radiazioni non ionizzanti, il controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose come azione protettiva in caso di emergenza radiologica. *Si tratta esattamente delle stesse variabili in cui si manifesta il cambiamento più forte tra le due rilevazioni.*

Per il GC si presenta il grafico in cui vengono proiettati i punti variabili-medi e la tavola delle coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati:

Grafico 6.8.2 – Plot dei punti-variabili medi. Gruppo di Controllo



*Tabella 6.8.8 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati dei punti-variabili medi.  
Gruppo di Controllo*

| VARIABLE                                                    | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|                                                             | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Radioattività fenomeno per cui                              | -0,99       | 0,06  | 0,05          | 0,01  | 0,98           | 0,00  |
| Radiazioni ionizzanti                                       | -1,00       | -0,06 | 0,05          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Radiazioni non ionizzanti                                   | -1,00       | -0,06 | 0,05          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Definizione radiazioni ionizzanti                           | -0,99       | -0,12 | 0,05          | 0,06  | 0,98           | 0,02  |
| Origine sostanze radioattive                                | -0,99       | 0,03  | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti   | -1,00       | 0,03  | 0,05          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Effetti radiazioni ionizzanti                               | -1,00       | 0,06  | 0,05          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Principio ottimizzazione                                    | -1,00       | -0,08 | 0,05          | 0,02  | 0,99           | 0,01  |
| Antennisti                                                  | -0,99       | -0,09 | 0,05          | 0,03  | 0,99           | 0,01  |
| Tecnici radiologi sanitari                                  | -0,99       | 0,04  | 0,05          | 0,01  | 0,98           | 0,00  |
| Pazienti in cura radioterapica                              | -0,99       | 0,10  | 0,05          | 0,04  | 0,97           | 0,01  |
| Piloti di voli intercontinentali                            | -0,99       | -0,11 | 0,05          | 0,04  | 0,99           | 0,01  |
| Comport protezione:ricorrere controlli radiologici          | -0,99       | 0,11  | 0,05          | 0,04  | 0,98           | 0,01  |
| Comportamento protezione:ritrattare rifiuti radioattivi     | -0,95       | 0,29  | 0,05          | 0,33  | 0,90           | 0,09  |
| Azione protettiva:controllo degli accessi alle zone radiatt | -0,99       | -0,12 | 0,05          | 0,05  | 0,98           | 0,01  |
| Azione protettiva:riparo all'interno di edifici             | -1,00       | -0,07 | 0,05          | 0,02  | 0,99           | 0,01  |
| Azione protettiva:ingestione di composti di iodio stabile   | -1,00       | -0,02 | 0,05          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Azione protettiva:utilizzo di creme protettive              | -0,99       | -0,10 | 0,05          | 0,04  | 0,99           | 0,01  |
| Rischio principale legato all'uso di energia nucleare       | -0,99       | -0,10 | 0,05          | 0,04  | 0,99           | 0,01  |
| Definizione di reattore nucleare                            | -0,96       | 0,24  | 0,05          | 0,21  | 0,91           | 0,06  |

Nel GC la situazione cambia perché diversi sono gli item che caratterizzano maggiormente il primo fattore compromesso: il comportamento di protezione rappresentato dal ritrattare rifiuti radioattivi e la definizione di reattore nucleare costituiscono le variabili che più si allontanano dall'origine degli assi e anche dal resto dei quesiti. Si creano in particolare forti correlazioni rappresentate dalla vicinanza fisica dei punti nel plot tra le seguenti variabili: tra le radiazioni ionizzanti e le radiazioni non ionizzanti, tra i pazienti in cura radioterapica, il ricorrere a controlli radiologici e i tecnici radiologi sanitari, tra gli effetti delle radiazioni ionizzanti e gli effetti associati all'esposizione a radiazioni ionizzanti.

Passando all'*analisi delle unità*, si rappresentano graficamente i *punti individui-medi* rispetto ai primi due assi compromesso riportando nelle tabelle anche i valori delle coordinate fattoriali, dei contributi assoluti e dei contributi relativi, separatamente per GS e GC:

Grafico 6.8.3 – Plot dei punti-unità medi. Gruppo Sperimentale

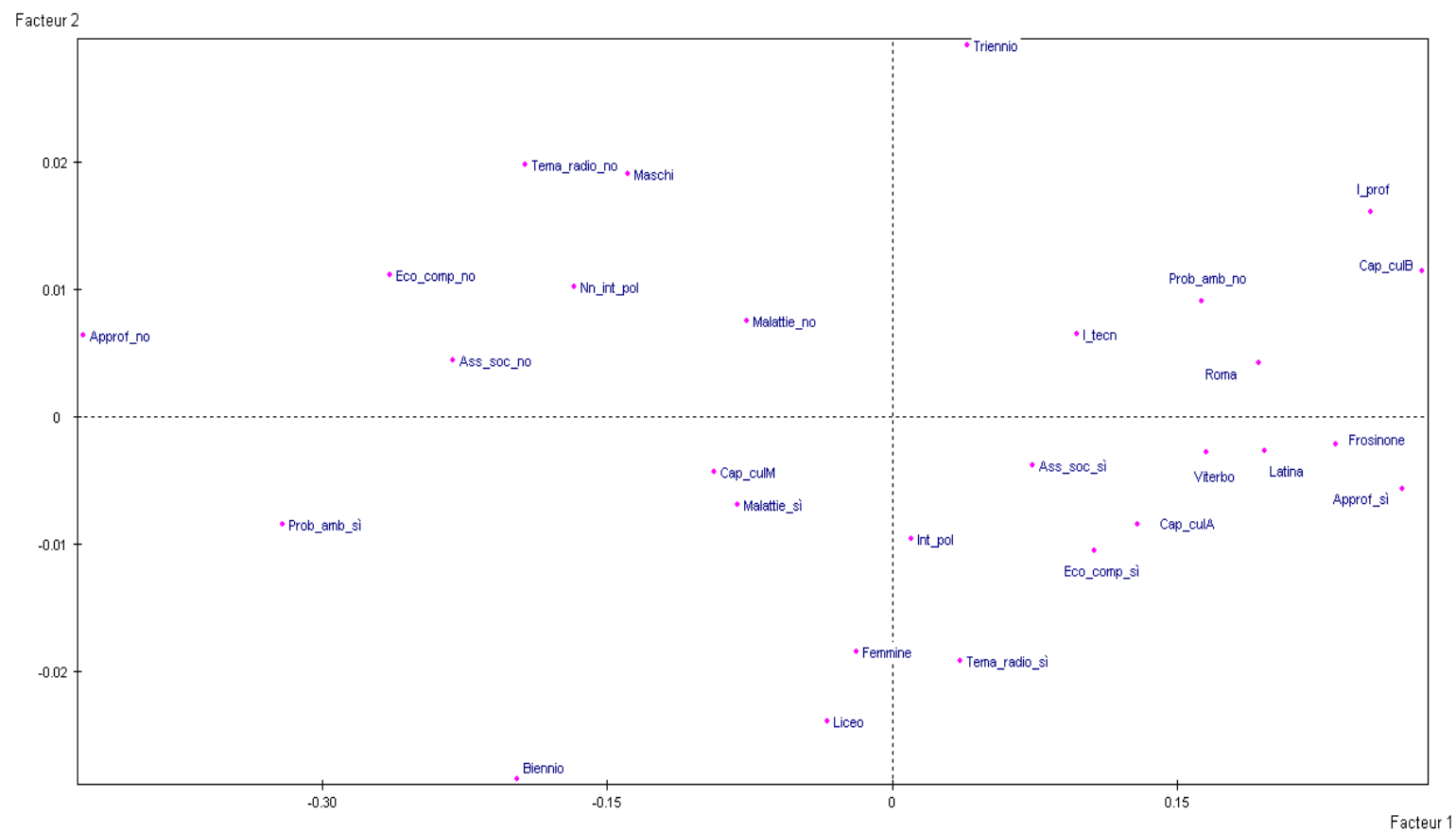


Tabella 6.8.9 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati dei punti-unità medi.  
Gruppo Sperimentale

| LIGNE         | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|---------------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|               | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Roma          | 0,19        | 0,00  | 0,04          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Frosinone     | 0,23        | 0,00  | 0,05          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Latina        | 0,20        | 0,00  | 0,04          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |
| Viterbo       | 0,17        | 0,00  | 0,03          | 0,00  | 0,98           | 0,00  |
| Liceo         | -0,03       | -0,02 | 0,00          | 0,11  | 0,62           | 0,30  |
| I_tecn        | 0,10        | 0,01  | 0,01          | 0,01  | 0,96           | 0,00  |
| I_prof        | 0,25        | 0,02  | 0,06          | 0,05  | 0,99           | 0,00  |
| Triennio      | 0,04        | 0,03  | 0,00          | 0,17  | 0,60           | 0,32  |
| Biennio       | -0,20       | -0,03 | 0,04          | 0,16  | 0,97           | 0,02  |
| Approf_no     | -0,43       | 0,01  | 0,18          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Approf_sì     | 0,27        | -0,01 | 0,07          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Cap_culB      | 0,28        | 0,01  | 0,08          | 0,03  | 1,00           | 0,00  |
| Cap_culM      | -0,09       | 0,00  | 0,01          | 0,00  | 0,96           | 0,00  |
| Cap_culA      | 0,13        | -0,01 | 0,02          | 0,01  | 0,98           | 0,00  |
| Maschi        | -0,14       | 0,02  | 0,02          | 0,07  | 0,95           | 0,02  |
| Femmine       | -0,02       | -0,02 | 0,00          | 0,07  | 0,28           | 0,28  |
| Int_pol       | 0,01        | -0,01 | 0,00          | 0,02  | 0,20           | 0,19  |
| Nn_int_pol    | -0,17       | 0,01  | 0,03          | 0,02  | 0,99           | 0,00  |
| Ass_soc_no    | -0,23       | 0,00  | 0,05          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Ass_soc_sì    | 0,07        | 0,00  | 0,01          | 0,00  | 0,95           | 0,00  |
| Eco_comp_sì   | 0,11        | -0,01 | 0,01          | 0,02  | 0,97           | 0,01  |
| Eco_comp_no   | -0,26       | 0,01  | 0,07          | 0,02  | 1,00           | 0,00  |
| Prob_amb_no   | 0,16        | 0,01  | 0,03          | 0,02  | 0,99           | 0,00  |
| Prob_amb_sì   | -0,32       | -0,01 | 0,10          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Malattie_no   | -0,08       | 0,01  | 0,01          | 0,01  | 0,95           | 0,01  |
| Malattie_sì   | -0,08       | -0,01 | 0,01          | 0,01  | 0,96           | 0,01  |
| Tema_radio_no | -0,19       | 0,02  | 0,04          | 0,08  | 0,98           | 0,01  |
| Tema_radio_sì | 0,04        | -0,02 | 0,00          | 0,07  | 0,66           | 0,19  |

Attraverso questa analisi nel solo campione sperimentale è evidente in quali categorie di popolazione la presenza dell'intervento formativo è risultata più efficace. Il primo fattore infatti – interpretato come conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti – presenta sul versante positivo le categorie di popolazione caratterizzate da una capacità di acquisizione delle abilità sul tema indagato. Alcune di queste categorie esaminate nelle precedenti analisi (tavole di contingenza, analisi della varianza), confermano tali risultati. Ad esempio, considerando il genere si evince che le femmine del GS migliorano le proprie conoscenze in tema di radiazioni più dei maschi, così come coloro che frequentano il triennio rispetto agli studenti dei primi due anni, così come coloro che approfondiscono autonomamente il tema rispetto a chi non lo fa. Le quattro città considerate si collocano tutte sul versante positivo, tuttavia Viterbo presenta il miglioramento più contenuto, mentre Frosinone e Latina i successi cognitivi più evidenti. I risultati relativi al tipo di scuola sono coerenti in particolare con l'indice tipologico di cambiamento cognitivo che indaga nel dettaglio la quota dei soggetti che esibiscono un forte miglioramento. L'analisi *multiway* conferma che negli

istituti tecnici e professionali l'intervento formativo sembra perciò aver attecchito in misura più evidente rispetto al liceo.

In questa analisi vengono analizzate altre variabili in forma dicotomica precedentemente non considerate quali: l'interesse per la politica che suddivide il campione in interessati e non interessati, l'associazionismo e impegno sociale che distingue chi partecipa ad associazioni e si impegna da chi no, i comportamenti eco-compatibili che differenzia chi adotta comportamenti pro-ambiente da chi non lo fa, l'indicazione di problemi ambientali tra le urgenze del pianeta che individua chi ritiene che i problemi dell'ambiente siano tra i più impellenti da risolvere da chi non lo fa, i tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari che separa chi ha o non ha vicino a sé persone con gravi patologie, e infine il tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi che distingue chi ha affrontato a scuola nell'ultimo anno il tema in questione da chi no. Da queste informazioni emerge che *c'è in tutti i casi una separazione abbastanza netta tra ogni categoria di ciascuna variabile in termini di versante positivo e negativo*. In particolare, sul versante positivo emerge un profilo<sup>44</sup> ben chiaro e coerente con un *miglioramento in tema di conoscenza sulla radioattività*. Si tratta di studenti che partecipano ad associazioni e si impegnano socialmente, si interessano alla politica, hanno in famiglia o tra gli amici persone con patologie tumorali o genetiche, e a scuola hanno affrontato nell'ultimo anno l'argomento. Inoltre adottano comportamenti eco-compatibili pur non considerando l'ambiente come un problema imminente del pianeta. Sul versante negativo si collocano categorie che portano alla formazione di un altro profilo ben distinto dal precedente e che si caratterizza per una *scarsa capacità di acquisizione delle conoscenze sul tema in questione*. Sono soggetti che non partecipano e non si impegnano socialmente, non sono interessati alla politica, non dichiarano di avere persone a loro vicine con malattie gravi, e a scuola rispondono di non aver affrontato il tema. In questo caso ci si trova di fronte ad un *cluster* di soggetti tendenzialmente anomici e sfiduciati che pur ritenendo l'ambiente un problema urgente non fanno propri i comportamenti a favore.

Gli *output* del GC:

---

<sup>44</sup> Da osservare che i *profili* delineati sono *medi*, ossia rappresentano l'esito del compromesso tra le due occasioni di rilevazione. Per quanto sia un risultato anticipatorio, tale analisi non si basa su un'analisi de gruppi. Nella terza fase, a seguito dell'analisi delle categorie di popolazione sulla base del metodo di AFM, sarà possibile una vera e propria individuazione dei cluster.

Grafico 6.8.4 – Plot dei punti-unità medi. Gruppo di Controllo

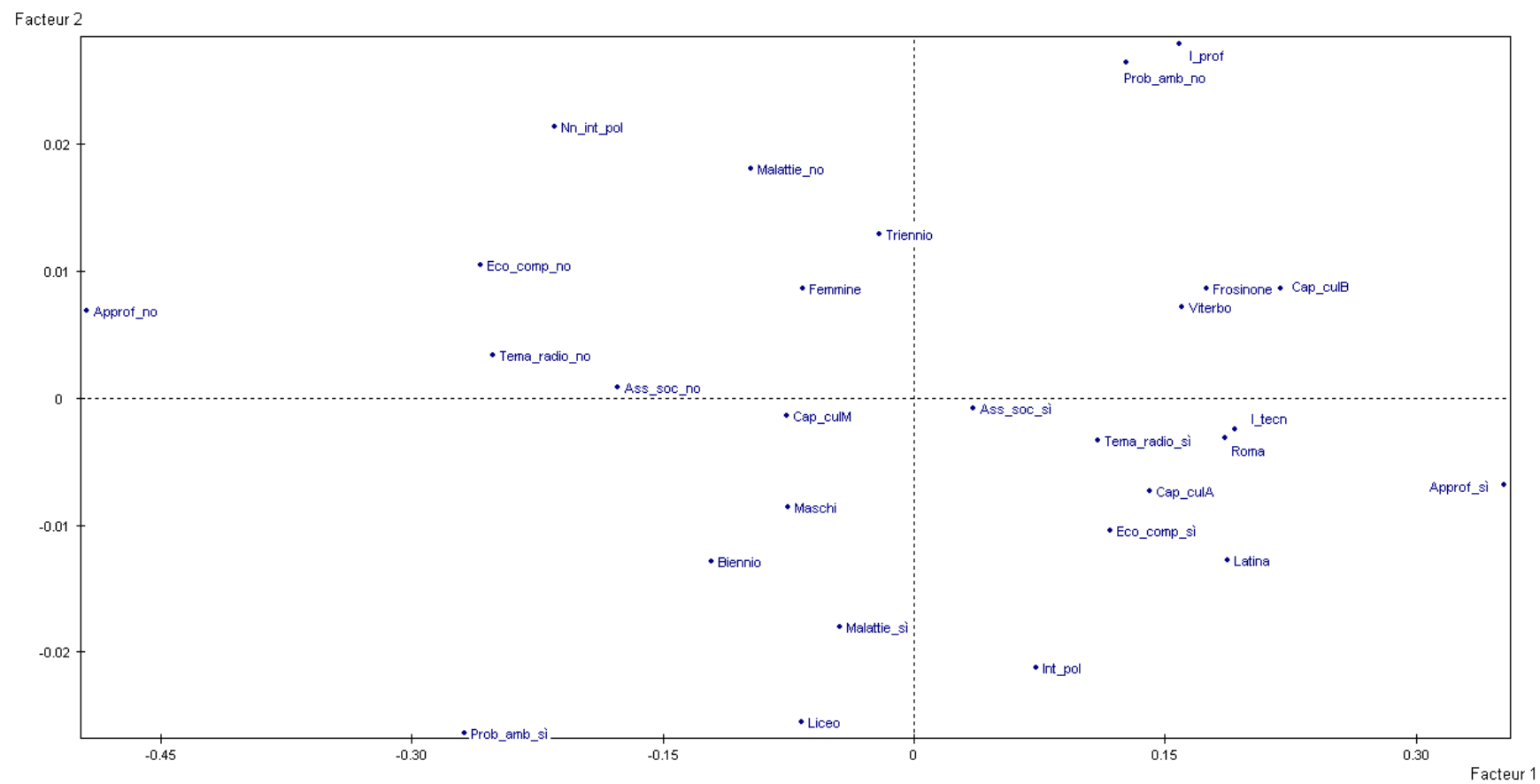


Tabella 6.8.10 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati dei punti-unità medi.  
Gruppo di Controllo

| LIGNE         | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|---------------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|               | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Roma          | 0,19        | 0,00  | 0,03          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Frosinone     | 0,17        | 0,01  | 0,03          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Latina        | 0,19        | -0,01 | 0,04          | 0,03  | 0,99           | 0,00  |
| Viterbo       | 0,16        | 0,01  | 0,03          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Liceo         | -0,07       | -0,03 | 0,00          | 0,12  | 0,84           | 0,12  |
| I_tecn        | 0,19        | 0,00  | 0,04          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| I_prof        | 0,16        | 0,03  | 0,03          | 0,14  | 0,97           | 0,03  |
| Triennio      | -0,02       | 0,01  | 0,00          | 0,03  | 0,57           | 0,23  |
| Biennio       | -0,12       | -0,01 | 0,01          | 0,03  | 0,98           | 0,01  |
| Approf_no     | -0,49       | 0,01  | 0,24          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Approf_sì     | 0,35        | -0,01 | 0,12          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Cap_culB      | 0,22        | 0,01  | 0,05          | 0,01  | 1,00           | 0,00  |
| Cap_culM      | -0,08       | 0,00  | 0,01          | 0,00  | 0,98           | 0,00  |
| Cap_culA      | 0,14        | -0,01 | 0,02          | 0,01  | 0,99           | 0,00  |
| Maschi        | -0,08       | -0,01 | 0,01          | 0,01  | 0,94           | 0,01  |
| Femmine       | -0,07       | 0,01  | 0,00          | 0,01  | 0,92           | 0,02  |
| Int_pol       | 0,07        | -0,02 | 0,01          | 0,08  | 0,91           | 0,08  |
| Nn_int_pol    | -0,21       | 0,02  | 0,05          | 0,08  | 0,99           | 0,01  |
| Ass_soc_no    | -0,18       | 0,00  | 0,03          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Ass_soc_sì    | 0,04        | 0,00  | 0,00          | 0,00  | 0,90           | 0,00  |
| Eco_comp_sì   | 0,12        | -0,01 | 0,01          | 0,02  | 0,99           | 0,01  |
| Eco_comp_no   | -0,26       | 0,01  | 0,07          | 0,02  | 1,00           | 0,00  |
| Prob_amb_no   | 0,13        | 0,03  | 0,02          | 0,12  | 0,96           | 0,04  |
| Prob_amb_sì   | -0,27       | -0,03 | 0,07          | 0,12  | 0,99           | 0,01  |
| Malattie_no   | -0,10       | 0,02  | 0,01          | 0,06  | 0,95           | 0,03  |
| Malattie_sì   | -0,04       | -0,02 | 0,00          | 0,06  | 0,81           | 0,13  |
| Tema_radio_no | -0,25       | 0,00  | 0,06          | 0,00  | 1,00           | 0,00  |
| Tema_radio_sì | 0,11        | 0,00  | 0,01          | 0,00  | 0,99           | 0,00  |

Per il GC valgono le stesse considerazioni del GS, ossia, avendo interpretato il primo asse fattoriale nei termini di acquisizione delle conoscenze in tema di radiazioni ionizzanti, *il versante positivo indica un'acquisizione nella direzione del miglioramento cognitivo, il versante negativo come una scarsa progressione*. Mentre nel GS un eventuale cambiamento va interpretato come effetto della doppia formula pretest più intervento formativo, nel GC unicamente come effetto della sola prima rilevazione. Considerando la variabile genere, nel GS era emerso che *le femmine migliorano più dei maschi*, nel GC *entrambi i generi vengono plottati sullo stesso versante negativo* quasi a significare che la presenza dell'intervento formativo stimola le ragazze ad un successo che non si manifesta laddove il doppio stimolo è assente. Per la variabile percorso formativo che distingue gli studenti in frequentanti il biennio e il triennio emerge un miglioramento più forte per i ragazzi in media più grandi, similmente a ciò che accade nel GS, anche se il gap è minore. Migliorano i ragazzi che si interessano di politica, che adottano comportamenti eco-compatibili, che fanno parte di associazioni, che hanno approfondito autonomamente l'argomento, che a scuola hanno

affrontato il tema in questione nell'ultimo anno. In relazione alle quattro zone del Lazio in cui è stata effettuata la ricerca, si evince che Viterbo e Frosinone presentano profili simili, così come Roma e Latina risultano tra loro correlate. Relativamente al tipo di scuola, confermando i risultati esibiti dai tre indici di miglioramento cognitivo, i migliori esiti sono imputati all'istituto tecnico e a quello professionale, mentre il liceo registra le regressioni più vistose. Infine, coloro che possiedono un basso capitale culturale, ottengono gli indici di miglioramento più elevato, seguiti dagli studenti caratterizzati da un elevato *background* familiare.

#### 6.8.2.3 *L'analisi delle categorie di studenti e l'individuazione di cluster*

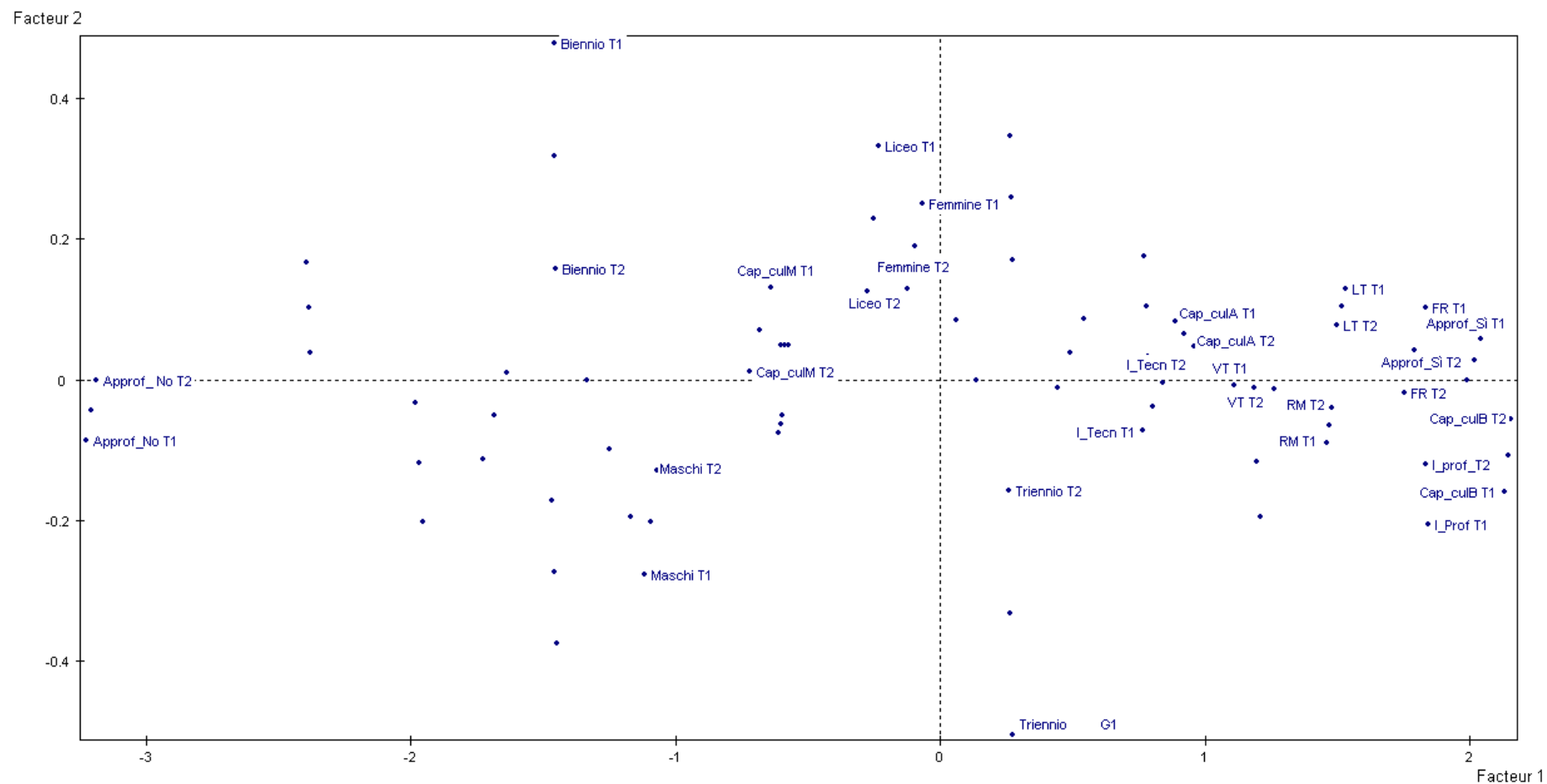
A questo punto si giunge alla terza ed ultima analisi *multiway* che consiste nello *studio dei cluster delle categorie di popolazione* attraverso *l'analisi fattoriale multipla (Analyse Fatorielle Multiple)*. Essa si basa su ripetute applicazioni e sintesi dell'analisi in componenti principali (ACP) nel caso di variabili o dell'analisi delle corrispondenze multiple (ACM) per le mutabili. In questo modo si torna ad una logica del *mutamento in ottica diacronica* decidendo di misurare lo stesso fenomeno ripetutamente sul medesimo sottocampione. Il valore aggiunto della *multiway analysis* rispetto alle tecniche classiche applicata allo studio del cambiamento consiste nel *rappresentare graficamente le categorie di popolazione e visualizzare la distanza delle relative posizioni tra le due rilevazioni*. In altri termini, *si rende visibile la posizione di ciascuna delle 28 categorie* in cui il campione di 1.757 soggetti è stato suddiviso sia prima che dopo l'intervento e *valutare in termini visivi la distanza della stessa unità a T1 e a T2 che indica il cambiamento cognitivo*. Le 28 categorie nei due intervalli temporali vengono riportate in due grafici separati per facilitare la lettura. Nel primo plot si presentano le categorie di popolazione costruite attraverso le 6 variabili utilizzate nelle analisi precedenti: la città, il tipo di scuola, l'approfondimento, il capitale culturale, il percorso formativo e il genere; nel secondo plot si esibiscono le categorie di studenti costruite attraverso le seguenti 6 variabili: l'interesse per la politica, l'associazionismo e impegno sociale, i comportamenti eco-compatibili, l'indicazione di problemi ambientali tra le urgenze del pianeta, i tumori e malformazioni genetiche tra amici e familiari, il tema della radioattività a scuola negli ultimi 12 mesi. Di seguito si presenta la tabella che espone i valori delle coordinate fattoriali, dei contributi assoluti e dei coseni quadrati di tutte le categorie di popolazione separatamente per GS e GC:

*Tabella 6.8.11 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati delle categorie di popolazione. Gruppo Sperimentale*

| IDENT.    | GROUPE | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|-----------|--------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|           |        | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Roma      |        | 1,5         | -0,1  | 3,8           | 0,7   | 0,97           | 0,00  |
|           | 1      | 1,5         | -0,1  | 0,1           | 0,2   | 0,48           | 0,00  |
|           | 2      | 1,5         | 0,0   | 0,1           | 0,2   | 0,48           | 0,00  |
| Frosinone |        | 1,8         | 0,0   | 5,7           | 0,3   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 1,8         | 0,1   | 2,5           | 1,2   | 0,49           | 0,00  |
|           | 2      | 1,8         | 0,0   | 2,5           | 1,2   | 0,50           | 0,00  |
| Latina    |        | 1,5         | 0,1   | 4,1           | 1,7   | 0,97           | 0,00  |
|           | 1      | 1,5         | 0,1   | 0,5           | 0,2   | 0,48           | 0,00  |
|           | 2      | 1,5         | 0,1   | 0,5           | 0,2   | 0,49           | 0,00  |
| Viterbo   |        | 1,2         | 0,0   | 2,5           | 0,0   | 0,95           | 0,00  |
|           | 1      | 1,1         | 0,0   | 8,6           | 0,0   | 0,47           | 0,00  |
|           | 2      | 1,3         | 0,0   | 8,6           | 0,0   | 0,48           | 0,00  |
| Liceo     |        | -0,3        | 0,2   | 0,1           | 8,4   | 0,46           | 0,37  |
|           | 1      | -0,2        | 0,3   | 0,7           | 3,4   | 0,18           | 0,37  |
|           | 2      | -0,3        | 0,1   | 0,7           | 3,4   | 0,29           | 0,06  |
| I_tecn    |        | 0,8         | 0,0   | 1,1           | 0,2   | 0,94           | 0,00  |
|           | 1      | 0,8         | -0,1  | 2,2           | 0,4   | 0,48           | 0,00  |
|           | 2      | 0,8         | 0,0   | 2,2           | 0,4   | 0,46           | 0,00  |
| I_prof    |        | 1,8         | -0,2  | 6,0           | 4,2   | 0,98           | 0,01  |
|           | 1      | 1,8         | -0,2  | 0,1           | 0,6   | 0,49           | 0,01  |
|           | 2      | 1,8         | -0,1  | 0,1           | 0,6   | 0,49           | 0,00  |
| Triennio  |        | 0,3         | -0,3  | 0,1           | 17,6  | 0,33           | 0,51  |
|           | 1      | 0,3         | -0,5  | 0,1           | 9,6   | 0,13           | 0,44  |
|           | 2      | 0,3         | -0,2  | 0,1           | 9,6   | 0,24           | 0,09  |
| Biennio   |        | -1,5        | 0,3   | 3,8           | 16,1  | 0,94           | 0,04  |
|           | 1      | -1,5        | 0,5   | 0,0           | 8,3   | 0,46           | 0,05  |
|           | 2      | -1,5        | 0,2   | 0,0           | 8,3   | 0,49           | 0,01  |
| Approf_no |        | -3,2        | 0,0   | 18,4          | 0,3   | 1,00           | 0,00  |
|           | 1      | -3,2        | -0,1  | 0,6           | 0,6   | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | -3,2        | 0,0   | 0,6           | 0,6   | 0,50           | 0,00  |
| Approf_sì |        | 2,0         | 0,0   | 7,3           | 0,1   | 1,00           | 0,00  |
|           | 1      | 2,0         | 0,1   | 1,0           | 0,3   | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | 2,0         | 0,0   | 1,0           | 0,3   | 0,50           | 0,00  |
| Cap_culB  |        | 2,1         | -0,1  | 8,2           | 1,9   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 2,1         | -0,2  | 0,3           | 0,9   | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | 2,2         | -0,1  | 0,3           | 0,9   | 0,50           | 0,00  |
| Cap_culM  |        | -0,7        | 0,1   | 0,8           | 0,8   | 0,91           | 0,01  |
|           | 1      | -0,6        | 0,1   | 2,4           | 1,1   | 0,43           | 0,02  |
|           | 2      | -0,7        | 0,0   | 2,4           | 1,1   | 0,49           | 0,00  |
| Cap_culA  |        | 0,9         | 0,1   | 1,5           | 0,7   | 0,94           | 0,00  |
|           | 1      | 0,9         | 0,1   | 2,0           | 0,1   | 0,46           | 0,00  |
|           | 2      | 1,0         | 0,0   | 2,0           | 0,1   | 0,48           | 0,00  |
| Maschi    |        | -1,1        | -0,2  | 2,1           | 6,6   | 0,92           | 0,03  |
|           | 1      | -1,1        | -0,3  | 0,8           | 1,7   | 0,45           | 0,03  |
|           | 2      | -1,1        | -0,1  | 0,8           | 1,7   | 0,47           | 0,01  |
| Femmine   |        | -0,1        | 0,2   | 0,0           | 5,7   | 0,09           | 0,33  |
|           | 1      | -0,1        | 0,2   | 1,2           | 1,2   | 0,02           | 0,23  |
|           | 2      | -0,1        | 0,1   | 1,2           | 1,2   | 0,10           | 0,10  |
| Int_pol   |        | 0,1         | 0,1   | 0,0           | 1,1   | 0,08           | 0,16  |

|               |   |      |      |      |      |      |      |
|---------------|---|------|------|------|------|------|------|
|               | 1 | 0,0  | 0,2  | 8,8  | 2,3  | 0,00 | 0,32 |
|               | 2 | 0,1  | 0,0  | 8,8  | 2,3  | 0,22 | 0,00 |
| Nn_int_pol    |   | -1,3 | -0,1 | 2,8  | 1,5  | 0,98 | 0,01 |
|               | 1 | -1,2 | -0,2 | 10,1 | 3,0  | 0,48 | 0,01 |
|               | 2 | -1,3 | 0,0  | 10,1 | 3,0  | 0,50 | 0,00 |
| Ass_soc_no    |   | -1,7 | -0,1 | 5,1  | 0,4  | 0,99 | 0,00 |
|               | 1 | -1,7 | -0,1 | 3,0  | 1,2  | 0,50 | 0,00 |
|               | 2 | -1,6 | 0,0  | 3,0  | 1,2  | 0,50 | 0,00 |
| Ass_soc_sì    |   | 0,5  | 0,0  | 0,4  | 0,2  | 0,89 | 0,01 |
|               | 1 | 0,5  | 0,1  | 3,7  | 0,8  | 0,46 | 0,01 |
|               | 2 | 0,4  | 0,0  | 3,7  | 0,8  | 0,44 | 0,00 |
| Eco_comp_sì   |   | 0,8  | 0,1  | 1,1  | 1,7  | 0,95 | 0,02 |
|               | 1 | 0,8  | 0,2  | 0,1  | 1,6  | 0,47 | 0,02 |
|               | 2 | 0,8  | 0,0  | 0,1  | 1,6  | 0,48 | 0,00 |
| Eco_comp_no   |   | -2,0 | -0,1 | 6,9  | 2,2  | 0,99 | 0,00 |
|               | 1 | -2,0 | -0,2 | 0,3  | 2,3  | 0,49 | 0,01 |
|               | 2 | -2,0 | 0,0  | 0,3  | 2,3  | 0,50 | 0,00 |
| Prob_amb_no   |   | 1,2  | -0,1 | 2,6  | 2,2  | 0,97 | 0,01 |
|               | 1 | 1,2  | -0,2 | 0,2  | 1,9  | 0,48 | 0,01 |
|               | 2 | 1,2  | 0,0  | 0,2  | 1,9  | 0,49 | 0,00 |
| Prob_amb_sì   |   | -2,4 | 0,1  | 10,2 | 1,7  | 0,99 | 0,00 |
|               | 1 | -2,4 | 0,2  | 0,1  | 1,3  | 0,50 | 0,00 |
|               | 2 | -2,4 | 0,0  | 0,1  | 1,3  | 0,50 | 0,00 |
| Malattie_no   |   | -0,6 | -0,1 | 0,7  | 0,6  | 0,92 | 0,01 |
|               | 1 | -0,6 | -0,1 | 0,1  | 0,1  | 0,46 | 0,01 |
|               | 2 | -0,6 | -0,1 | 0,1  | 0,1  | 0,47 | 0,00 |
| Malattie_sì   |   | -0,6 | 0,0  | 0,6  | 0,4  | 0,93 | 0,01 |
|               | 1 | -0,6 | 0,0  | 0,3  | 0,0  | 0,46 | 0,00 |
|               | 2 | -0,6 | 0,0  | 0,3  | 0,0  | 0,47 | 0,00 |
| Tema_radio_no |   | -1,5 | -0,3 | 3,8  | 11,9 | 0,95 | 0,03 |
|               | 1 | -1,4 | -0,4 | 0,2  | 3,3  | 0,47 | 0,03 |
|               | 2 | -1,5 | -0,2 | 0,2  | 3,3  | 0,48 | 0,01 |
| Tema_radio_sì |   | 0,3  | 0,3  | 0,1  | 10,7 | 0,41 | 0,39 |
|               | 1 | 0,3  | 0,3  | 0,0  | 2,5  | 0,19 | 0,34 |
|               | 2 | 0,3  | 0,2  | 0,0  | 2,5  | 0,22 | 0,09 |

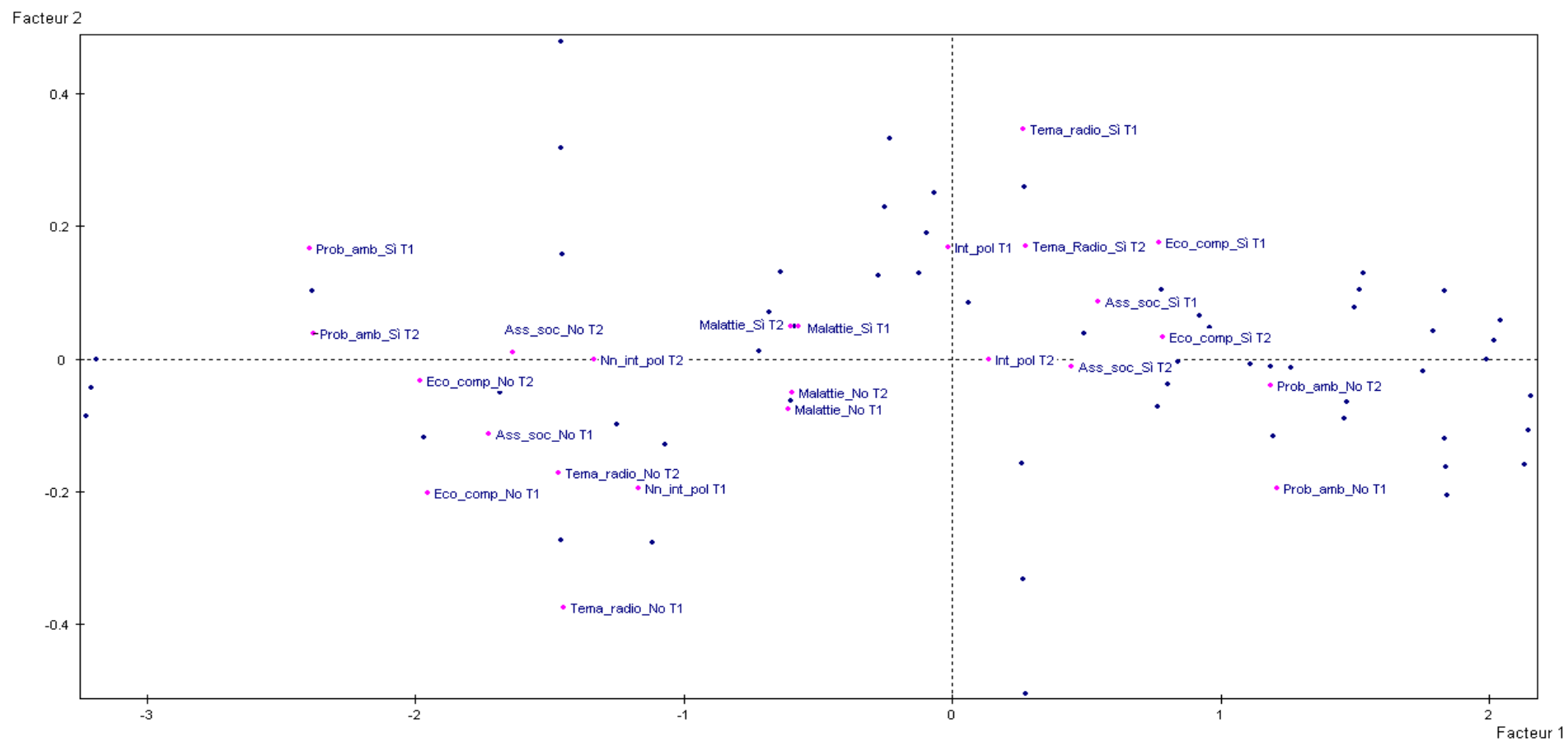
*Grafico 6.8.5 – Plot di alcune categorie di popolazione a T1 e a T2. Gruppo Sperimentale*



Con l'analisi delle categorie di soggetti si può visualizzare come ciascuna si pone con se stessa nel tempo. Emergono tre tipi possibili di confronti: 1) si valuta l'eventuale distanza o vicinanza tra ciascuna categoria nello stesso intervallo temporale, 2) si esamina lo spazio che intercorre tra le due rilevazioni per ciascuna categoria di studenti; 3) si analizza la posizione di ciascuna categoria nella stessa occasione nei due gruppi di ricerca. *Attraverso la rappresentazione grafica si rende immediato e visibile il cambiamento di alcune categorie di studenti del GS* tramite la distanza tra i due punti-unità di ciascuna categoria nei due intervalli temporali. In particolare, il maggior cambiamento è evidente in base al *percorso formativo*, sia del biennio che del triennio, al *genere*, sia per i maschi che per le femmine, all'*approfondimento* personale, sia per chi lo pratica che per chi non si informa. Relativamente al *tipo di scuola* superiore, i ragazzi del liceo sembrano registrare un cambiamento più marcato rispetto agli studenti degli istituti. Per quanto riguarda le *città*, si evidenziano spostamenti in tutte e quattro le aree con Frosinone e Latina in testa rispetto a Roma e Viterbo. In base al *capitale culturale*, coloro che possiedono un elevato *background* familiare tendono a cambiare meno rispetto a coloro che appartengono ad un capitale medio e basso.

Di seguito si presenta il *secondo grafico fattoriale*:

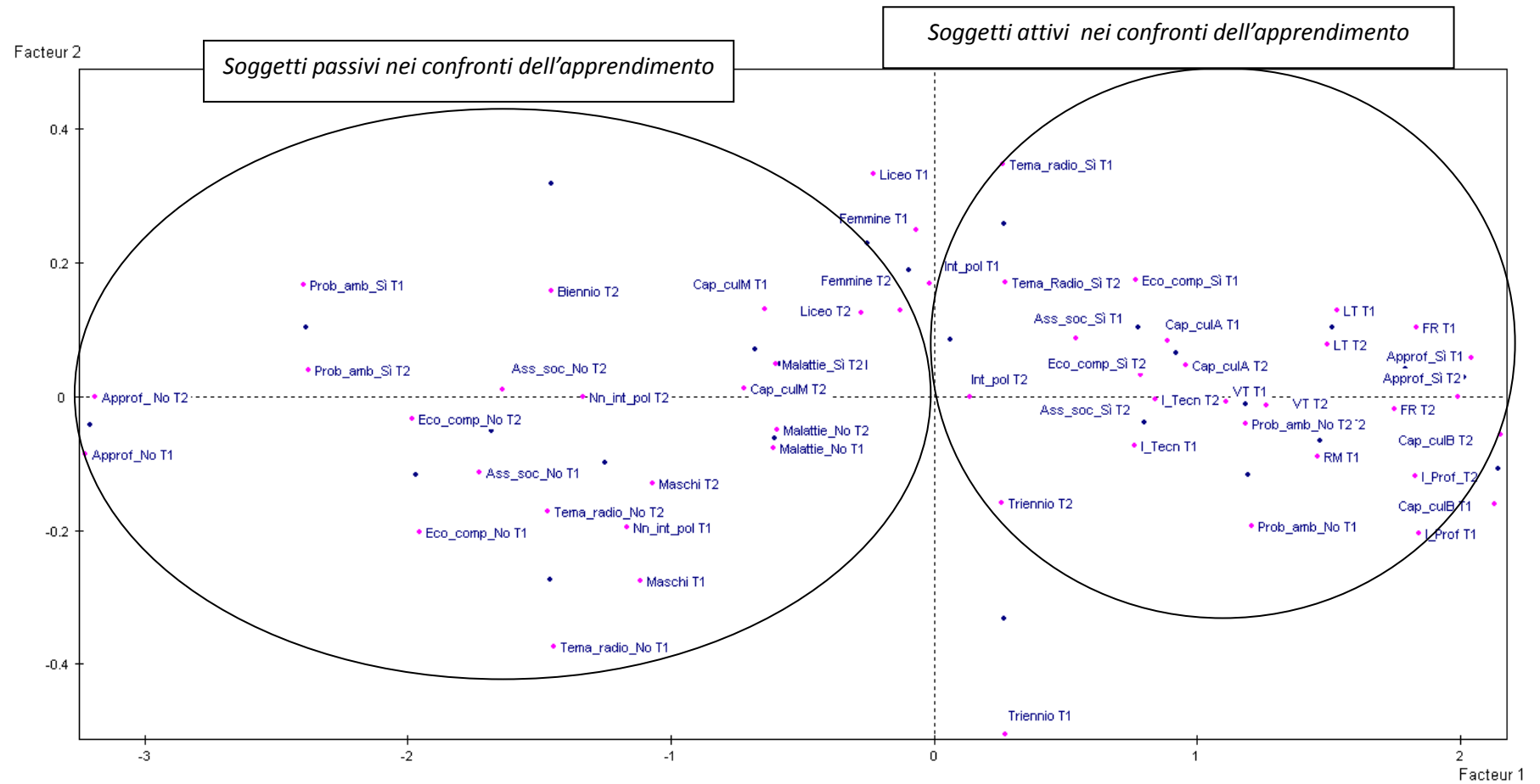
Grafico 6.8.6 – Plot di alcune categorie di popolazione a T1 e a T2. Gruppo Sperimentale



Le categorie costruite attraverso le variabili illustrate nel secondo grafico manifestano tutte uno spostamento, indicando un cambiamento, tranne nel caso della presenza/assenza tra amici e familiari di persone con patologie tumorali o malformazioni genetiche, variabile che si caratterizza per una certa stabilità.

Riunendo i due plot si possono leggere e individuare i *cluster di studenti del GS in relazione all'analisi del cambiamento cognitivo*. La lettura del grafico, anticipata nella precedente fase, richiede uno sforzo interpretativo poiché non sono rintracciabili gruppi massimamente omogenei internamente e eterogenei esternamente; tuttavia è possibile identificare due grandi insiemi: da un lato si collocano gli studenti che frequentano il triennio degli istituti tecnici e professionali, si interessano di politica, hanno dichiarato di approfondire autonomamente il tema della radioattività nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione, possiedono un capitale culturale alto e basso, adottano comportamenti eco-compatibili anche se non ritengono che l'ambiente sia da annoverare tra le principali urgenze del pianeta, fanno parte di associazioni, a scuola hanno affrontato il tema in questione nell'ultimo anno. Per tali caratteristiche il profilo è stato chiamato *soggetti attivi nei confronti dell'apprendimento*. L'altra categoria, speculare alla precedente anche se meno clusterizzata, è caratterizzata da studenti del biennio, con un capitale culturale medio, prevalentemente maschi, che non hanno approfondito in maniera autonoma il tema dopo il pretest, non partecipano ad associazioni, non sono interessati alla politica, non hanno affrontato il tema a scuola negli ultimi 12 mesi, non adottano comportamenti a favore dell'ambiente per quanto lo ritengano un problema imminente. Pertanto tale categoria viene definita nei termini di *soggetti passivi nei confronti dell'apprendimento*. Di seguito si presenta il grafico:

Grafico 6.8.7 – Individuazione dei cluster. Gruppo Sperimentale



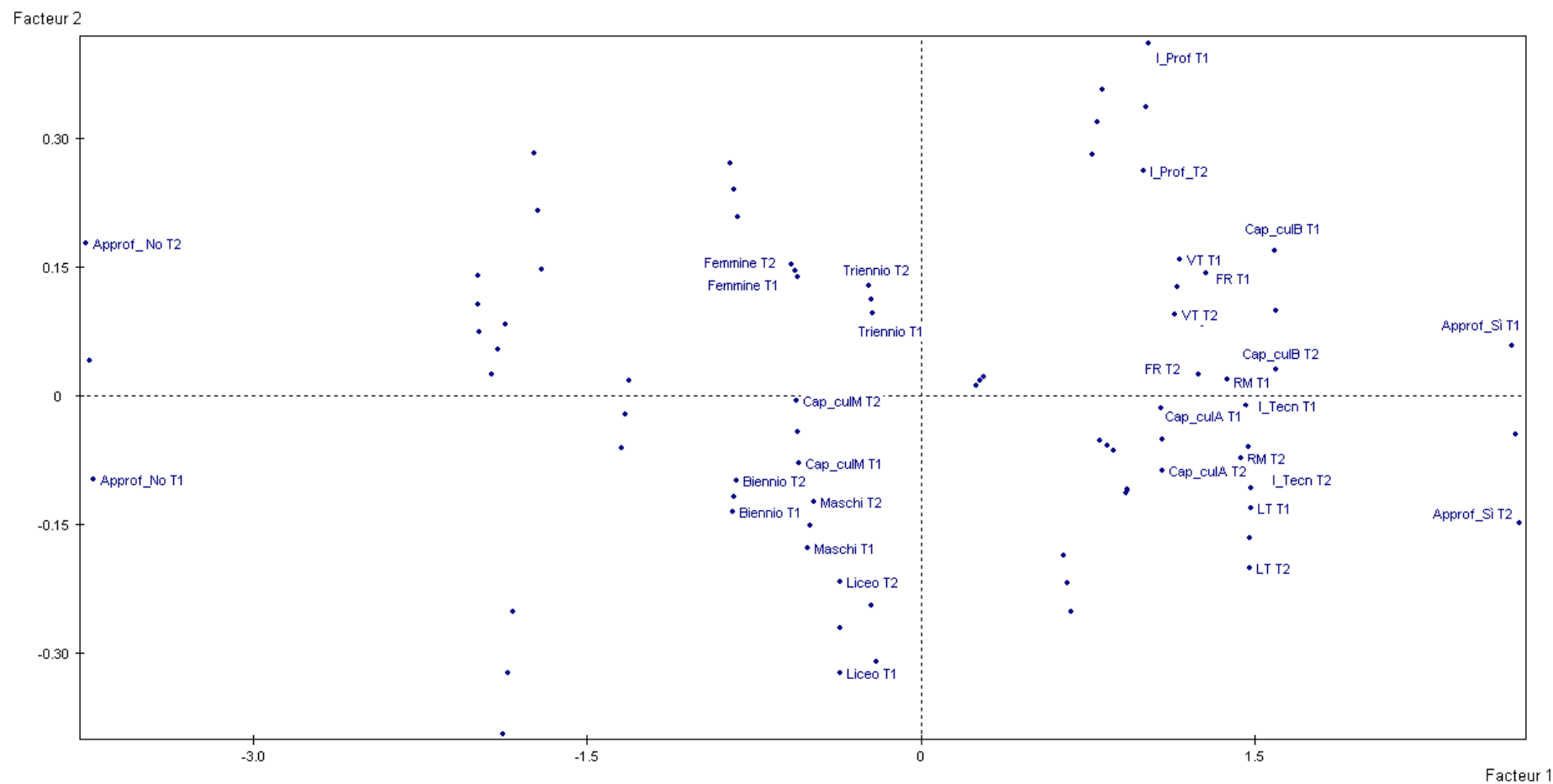
Di seguito si espone la tabella e i plot delle categorie di popolazione del gruppo di controllo:

*Tabella 6.8.12 – Coordinate fattoriali, contributi assoluti e coseni quadrati delle categorie di popolazione. Gruppo di Controllo*

| IDENT.    | GROUPE | COORDONNEES |       | CONTRIBUTIONS |       | COSINUS CARRES |       |
|-----------|--------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|           |        | axe 1       | axe 2 | axe 1         | axe 2 | axe 1          | axe 2 |
| Roma      |        | 1,4         | 0,0   | 3,5           | 0,1   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 1,4         | 0,0   | 6,1           | 1,3   | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | 1,4         | -0,1  | 6,1           | 1,3   | 0,50           | 0,00  |
| Frosinone |        | 1,3         | 0,1   | 2,9           | 0,9   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 1,3         | 0,1   | 1,8           | 2,2   | 0,49           | 0,01  |
|           | 2      | 1,2         | 0,0   | 1,8           | 2,2   | 0,50           | 0,00  |
| Latina    |        | 1,5         | -0,2  | 3,9           | 3,5   | 0,98           | 0,01  |
|           | 1      | 1,5         | -0,1  | 0,0           | 0,8   | 0,49           | 0,00  |
|           | 2      | 1,5         | -0,2  | 0,0           | 0,8   | 0,49           | 0,01  |
| Viterbo   |        | 1,2         | 0,1   | 2,4           | 2,1   | 0,97           | 0,01  |
|           | 1      | 1,2         | 0,2   | 0,8           | 0,7   | 0,49           | 0,01  |
|           | 2      | 1,1         | 0,1   | 0,8           | 0,7   | 0,48           | 0,00  |
| Liceo     |        | -0,4        | -0,3  | 0,2           | 9,4   | 0,56           | 0,31  |
|           | 1      | -0,4        | -0,3  | 0,0           | 1,8   | 0,27           | 0,21  |
|           | 2      | -0,4        | -0,2  | 0,0           | 1,8   | 0,29           | 0,10  |
| I_tecn    |        | 1,5         | -0,1  | 3,9           | 0,5   | 0,98           | 0,00  |
|           | 1      | 1,5         | 0,0   | 0,6           | 1,4   | 0,49           | 0,00  |
|           | 2      | 1,5         | -0,1  | 0,6           | 1,4   | 0,49           | 0,00  |
| I_prof    |        | 1,0         | 0,3   | 1,8           | 14,6  | 0,89           | 0,10  |
|           | 1      | 1,0         | 0,4   | 0,6           | 3,6   | 0,44           | 0,07  |
|           | 2      | 1,0         | 0,3   | 0,6           | 3,6   | 0,45           | 0,03  |
| Triennio  |        | -0,2        | 0,1   | 0,1           | 1,6   | 0,64           | 0,16  |
|           | 1      | -0,2        | 0,1   | 0,6           | 0,2   | 0,32           | 0,07  |
|           | 2      | -0,2        | 0,1   | 0,6           | 0,2   | 0,32           | 0,10  |
| Biennio   |        | -0,8        | -0,1  | 1,3           | 1,8   | 0,96           | 0,02  |
|           | 1      | -0,8        | -0,1  | 0,5           | 0,2   | 0,48           | 0,01  |
|           | 2      | -0,8        | -0,1  | 0,5           | 0,2   | 0,48           | 0,01  |
| Approf_no |        | -3,7        | 0,0   | 24,9          | 0,2   | 1,00           | 0,00  |
|           | 1      | -3,7        | -0,1  | 2,5           | 12,1  | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | -3,8        | 0,2   | 2,5           | 12,1  | 0,50           | 0,00  |
| Approf_sì |        | 2,7         | 0,0   | 12,8          | 0,3   | 1,00           | 0,00  |
|           | 1      | 2,7         | 0,1   | 2,4           | 6,9   | 0,50           | 0,00  |
|           | 2      | 2,7         | -0,1  | 2,4           | 6,9   | 0,50           | 0,00  |
| Cap_culB  |        | 1,6         | 0,1   | 4,5           | 1,3   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 1,6         | 0,2   | 0,0           | 3,1   | 0,49           | 0,01  |
|           | 2      | 1,6         | 0,0   | 0,0           | 3,1   | 0,50           | 0,00  |
| Cap_culM  |        | -0,6        | 0,0   | 0,5           | 0,2   | 0,96           | 0,01  |
|           | 1      | -0,5        | -0,1  | 0,2           | 0,9   | 0,48           | 0,01  |
|           | 2      | -0,6        | 0,0   | 0,2           | 0,9   | 0,48           | 0,00  |
| Cap_culA  |        | 1,1         | -0,1  | 2,1           | 0,3   | 0,99           | 0,00  |
|           | 1      | 1,1         | 0,0   | 0,1           | 0,8   | 0,49           | 0,00  |
|           | 2      | 1,1         | -0,1  | 0,1           | 0,8   | 0,50           | 0,00  |
| Maschi    |        | -0,5        | -0,2  | 0,4           | 2,9   | 0,79           | 0,07  |
|           | 1      | -0,5        | -0,2  | 0,9           | 0,5   | 0,39           | 0,05  |
|           | 2      | -0,5        | -0,1  | 0,9           | 0,5   | 0,40           | 0,03  |
| Femmine   |        | -0,6        | 0,1   | 0,6           | 2,8   | 0,84           | 0,06  |
|           | 1      | -0,6        | 0,1   | 1,0           | 0,0   | 0,41           | 0,03  |

|               |   |      |      |     |      |      |      |
|---------------|---|------|------|-----|------|------|------|
|               | 2 | -0,6 | 0,2  | 1,0 | 0,0  | 0,43 | 0,03 |
| Int_pol       |   | 0,7  | -0,2 | 0,8 | 6,1  | 0,88 | 0,10 |
|               | 1 | 0,6  | -0,2 | 1,6 | 0,7  | 0,45 | 0,04 |
|               | 2 | 0,7  | -0,3 | 1,6 | 0,7  | 0,43 | 0,06 |
| Nn_int_pol    |   | -1,7 | 0,2  | 5,3 | 5,9  | 0,98 | 0,02 |
|               | 1 | -1,7 | 0,1  | 1,6 | 2,9  | 0,49 | 0,00 |
|               | 2 | -1,7 | 0,3  | 1,6 | 2,9  | 0,49 | 0,01 |
| Ass_soc_no    |   | -1,3 | 0,0  | 3,1 | 0,1  | 0,99 | 0,00 |
|               | 1 | -1,3 | -0,1 | 1,8 | 1,0  | 0,50 | 0,00 |
|               | 2 | -1,3 | 0,0  | 1,8 | 1,0  | 0,50 | 0,00 |
| Ass_soc_sì    |   | 0,3  | 0,0  | 0,1 | 0,0  | 0,84 | 0,00 |
|               | 1 | 0,3  | 0,0  | 1,9 | 0,0  | 0,45 | 0,00 |
|               | 2 | 0,2  | 0,0  | 1,9 | 0,0  | 0,40 | 0,00 |
| Eco_comp_sì   |   | 0,9  | -0,1 | 1,5 | 1,6  | 0,98 | 0,01 |
|               | 1 | 0,9  | -0,1 | 0,1 | 0,0  | 0,49 | 0,01 |
|               | 2 | 0,9  | -0,1 | 0,1 | 0,0  | 0,49 | 0,01 |
| Eco_comp_no   |   | -2,0 | 0,1  | 7,1 | 1,5  | 1,00 | 0,00 |
|               | 1 | -2,0 | 0,1  | 0,1 | 0,7  | 0,50 | 0,00 |
|               | 2 | -2,0 | 0,1  | 0,1 | 0,7  | 0,50 | 0,00 |
| Prob_amb_no   |   | 0,8  | 0,3  | 1,1 | 13,1 | 0,86 | 0,14 |
|               | 1 | 0,8  | 0,4  | 4,0 | 0,9  | 0,43 | 0,08 |
|               | 2 | 0,8  | 0,3  | 4,0 | 0,9  | 0,42 | 0,06 |
| Prob_amb_sì   |   | -1,9 | -0,3 | 6,1 | 13,4 | 0,97 | 0,03 |
|               | 1 | -1,9 | -0,4 | 4,0 | 3,3  | 0,49 | 0,02 |
|               | 2 | -1,8 | -0,3 | 4,0 | 3,3  | 0,48 | 0,01 |
| Malattie_no   |   | -0,8 | 0,2  | 1,3 | 7,4  | 0,91 | 0,07 |
|               | 1 | -0,9 | 0,3  | 2,3 | 0,6  | 0,44 | 0,04 |
|               | 2 | -0,8 | 0,2  | 2,3 | 0,6  | 0,47 | 0,03 |
| Malattie_sì   |   | -0,2 | -0,2 | 0,1 | 7,7  | 0,40 | 0,49 |
|               | 1 | -0,2 | -0,3 | 2,3 | 2,8  | 0,15 | 0,35 |
|               | 2 | -0,2 | -0,2 | 2,3 | 2,8  | 0,28 | 0,16 |
| Tema_radio_no |   | -1,9 | 0,1  | 6,4 | 0,4  | 1,00 | 0,00 |
|               | 1 | -1,9 | 0,0  | 6,1 | 0,5  | 0,50 | 0,00 |
|               | 2 | -1,9 | 0,1  | 6,1 | 0,5  | 0,50 | 0,00 |
| Tema_radio_sì |   | 0,8  | -0,1 | 1,3 | 0,4  | 0,97 | 0,00 |
|               | 1 | 0,9  | -0,1 | 6,2 | 0,0  | 0,49 | 0,00 |
|               | 2 | 0,8  | -0,1 | 6,2 | 0,0  | 0,49 | 0,00 |

*Grafico 6.8.8 – Plot di alcune categorie di popolazione a T1 e a T2. Gruppo di Controllo*

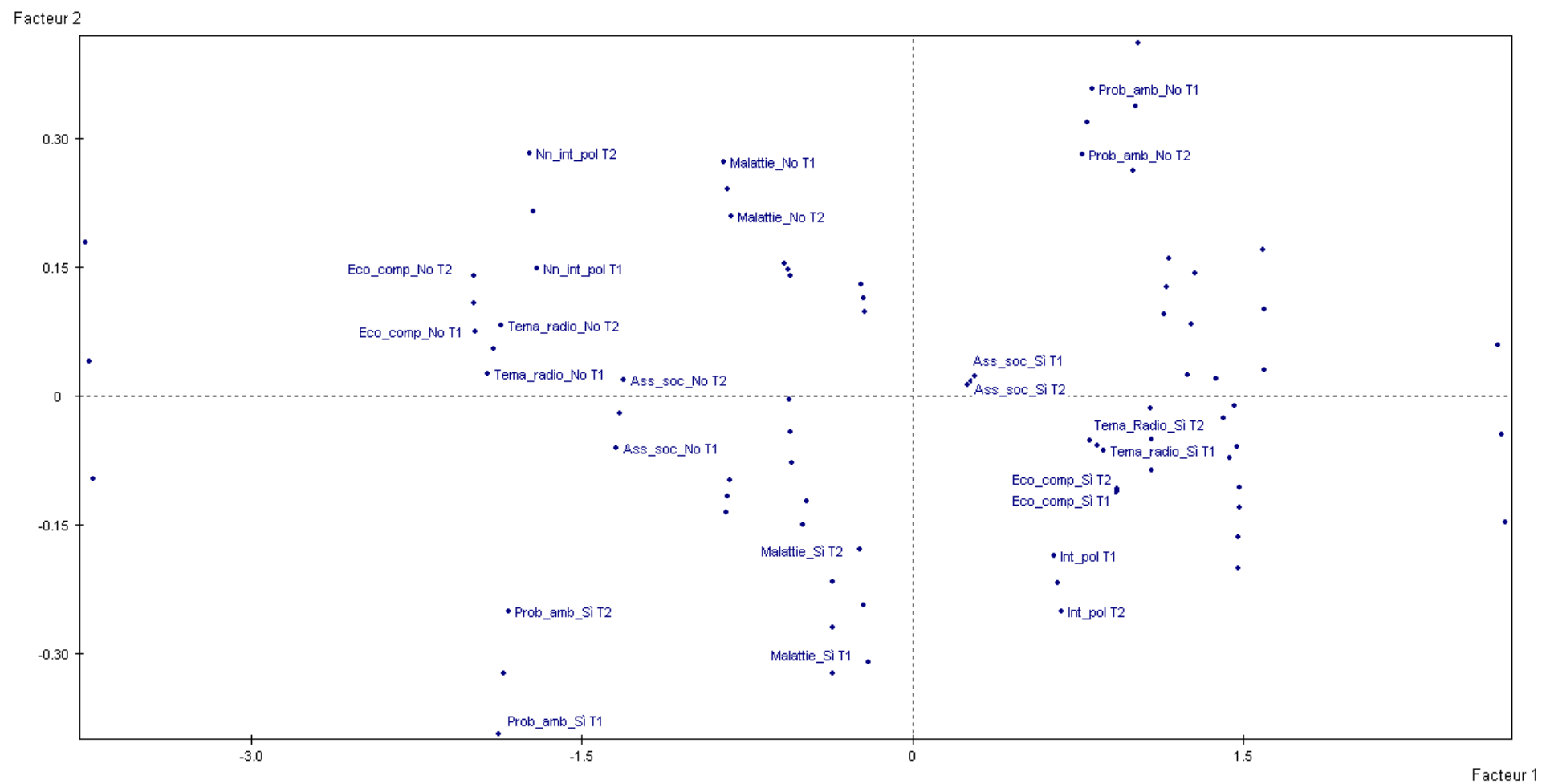


Nel plot vengono proiettati i punti unità del GC rappresentanti i 28 gruppi di studenti nelle due occasioni. Da un primo sguardo generale emerge che rispetto al GS le categorie di studenti del GC per ciascuna variabile si posizionano più vicine tra loro. Nel dettaglio, i punti-unità che manifestano una vicinanza fisica che si esprime in uno scarso mutamento cognitivo in tema di radioattività sono le femmine, gli studenti del biennio, chi possiede un elevato e un medio capitale culturale. La variabile che al contrario esibisce il più marcato cambiamento è l'approfondimento personale: i ragazzi del gruppo di controllo vengono stimolati ad un eventuale cambiamento unicamente dal pretest; la rilevazione spinge alcuni di essi ad approfondire per conto proprio il tema e alla seconda occasione<sup>45</sup> emerge un miglioramento cognitivo da parte di coloro che hanno acquisito attraverso canali personali le nozioni sulle radiazioni ionizzanti, e un peggioramento – come dimostrato dai risultati delle tavole in cui si incrociano le risposte a T1 e a T2 per la variabile in questione – di coloro che non hanno provveduto a risolvere le proprie lacune conoscitive. Anche in questo caso si conferma la relazione con *il fattore di meccanismo* che viene attivato dal pretest e che nel GC *non amplifica* come nel GS la relazione tra lo stimolo e l'esito in termini di miglioramento delle conoscenze, *ma svolge una funzione di contenimento delle regressioni* che naturalmente si riscontrano in assenza di tale disposizione.

---

<sup>45</sup> Si ricorda che i ragazzi di entrambi i gruppi sono stati tenuti all'oscuro del disegno della ricerca che prevede una seconda rilevazione dopo il pretest.

Grafico 6.8.9 – Plot di alcune categorie di popolazione a T1 e a T2. Gruppo di Controllo

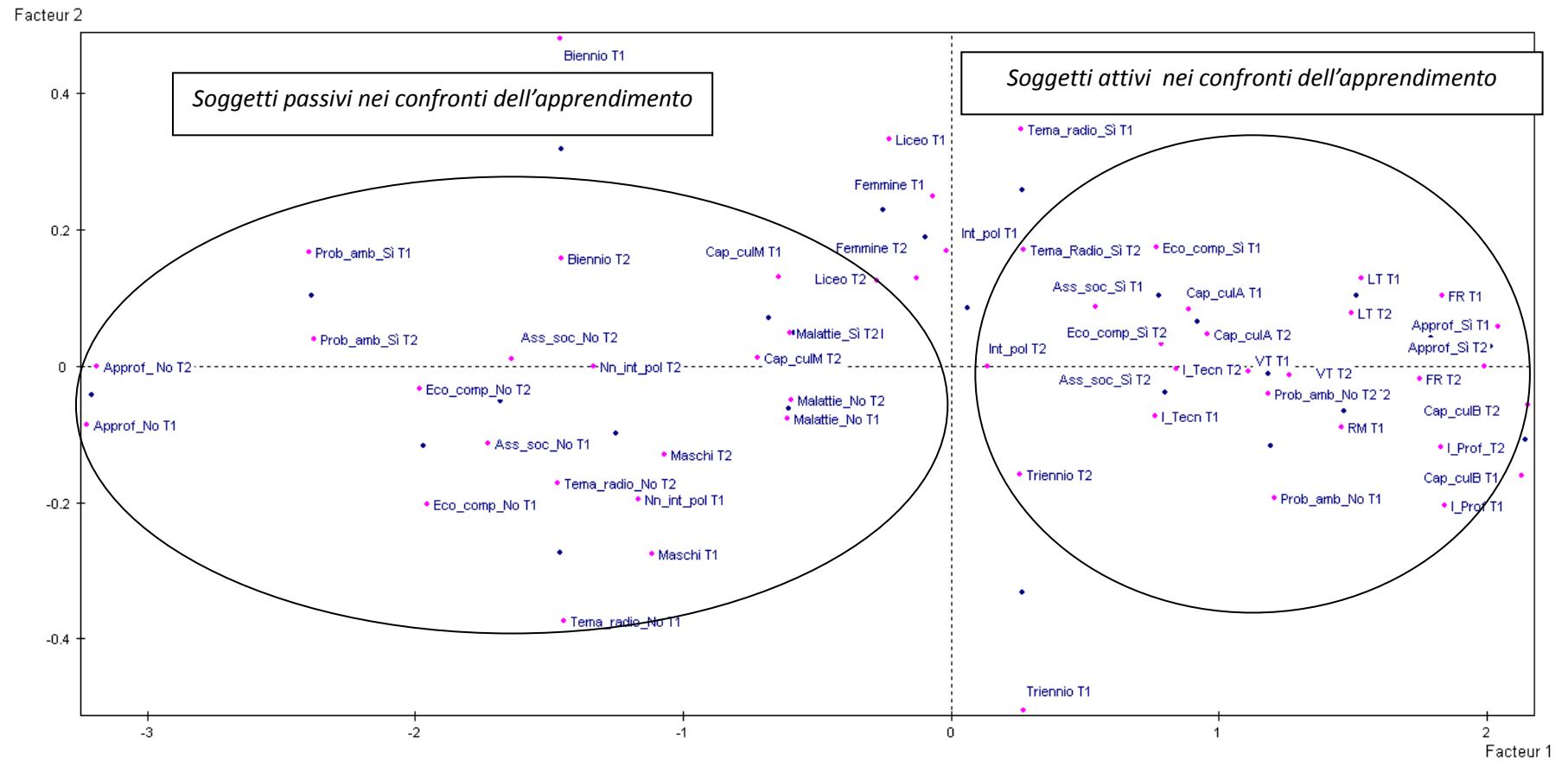


Il secondo plot riporta le altre categorie in cui sono suddivisi gli studenti del GC. In questo caso, a differenza del GS, si riscontra una certa distanza nella variabile presenza/assenza di familiari o amici con patologie tumorali o malattie genetiche, così come chi ritiene che l'ambiente costruisca uno dei problemi più urgenti del pianeta. Presentano posizioni nella direzione della stabilità in particolare i ragazzi che dichiarano di praticare comportamenti eco-compatibili, di aver affrontato il tema a scuola, di partecipare ad associazioni e impegnarsi socialmente. Al contrario, le categorie che risultano più distanti tra le due rilevazioni sono proprie degli studenti che non si interessano di politica, non hanno affrontato a scuola il tema, non adottano comportamenti eco-compatibili, non partecipano ad associazioni e non si impegnano socialmente.

Concludendo, questi risultati suggeriscono, congiuntamente alle distribuzioni doppie e multiple precedenti, che *laddove esiste un cambiamento nel GC, esso assume la connotazione della regressione cognitiva*. Tale peggioramento riguarda certi tipi di categorie sociali ed è evitata da altre, le quali, se stimolate solo con il pretest, non riescono molto a migliorare ma possono rimanere stabili e contenere un peggioramento.

Per quanto riguarda *l'individuazione di cluster*, similmente a quanto accade per il GS, si rintracciano due grandi macroinsiemi. Nel primo vengono proiettati gli studenti che si interessano di politica, partecipano ad associazioni, possiedono un capitale culturale alto e basso, frequentano gli istituti tecnici e professionali, hanno affrontato a scuola il tema della radioattività nel corso dell'anno e lo hanno approfondito personalmente dopo la prima rilevazione, hanno a cuore l'ambiente e mettono in atto dei comportamenti a favore, pur non ritenendolo tra le urgenze del pianeta. Tali soggetti sono stati definiti attivi nei confronti dell'apprendimento. Viceversa, nei due quadranti di sinistra si collocano gli studenti passivi nei confronti dell'apprendimento. Sono soggetti che frequentano prevalentemente il liceo, hanno un medio capitale culturale, dichiarano di non aver approfondito il tema della radioattività nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione, non hanno affrontato a scuola l'argomento nel corso dell'anno, non partecipano ad associazioni, non si interessano di politica e non adottano comportamenti a favore dell'ambiente per quanto ritengano che sia un problema urgente. Di seguito si riporta il plot:

Grafico 6.8.10 – Individuazione dei cluster. Gruppo di Controllo



## 6.9 L'analisi del cambiamento cognitivo attraverso il modello di Rasch

La conoscenza del campione di studenti in tema di radiazioni ionizzanti è stata studiata attraverso le risposte fornite al test di competenza inserito in un questionario più ampio sulla percezione dei rischi da esposizione a tali fonti di radioattività. Attraverso *l'applicazione del Modello di Rasch* si perviene ad *un'analisi delle capacità dei soggetti* che tenga conto della difficoltà di ciascun quesito. Per il particolare disegno di ricerca quasi-sperimentale che prevede due osservazioni consecutive in due sottogruppi di soggetti ad uno dei quali è stato somministrato anche un intervento formativo, *questa tecnica costituisce un adeguato contesto per poter affrontare lo studio del cambiamento cognitivo in ottica diacronica*, ossia confrontando in ogni gruppo le abilità degli studenti e le difficoltà degli item nel tempo, tra una rilevazione e l'altra. Inoltre, avvalendosi anche della definizione di cambiamento cognitivo secondo la prospettiva sincronica, si confrontano i risultati tra i soggetti all'interno di ciascun gruppo per evidenziare, *ceteris paribus*, le differenze riscontrate. Infine, recuperando lo scopo della presenza del gruppo di controllo, si comparano i risultati tra i due gruppi di ricerca.

### 6.9.1 La tecnica

Il *modello dicotomico* introdotto dal matematico danese *George Rasch* (cfr. Rasch, 1960) ipotizza per ciascuna domanda due alternative di risposta: sbagliata, solitamente codificata con 0, e corretta, cui generalmente viene attribuito punteggio 1. Tale *modello* suppone che la risposta  $x_{ni}$  data ad un item sia governata da *due parametri*:

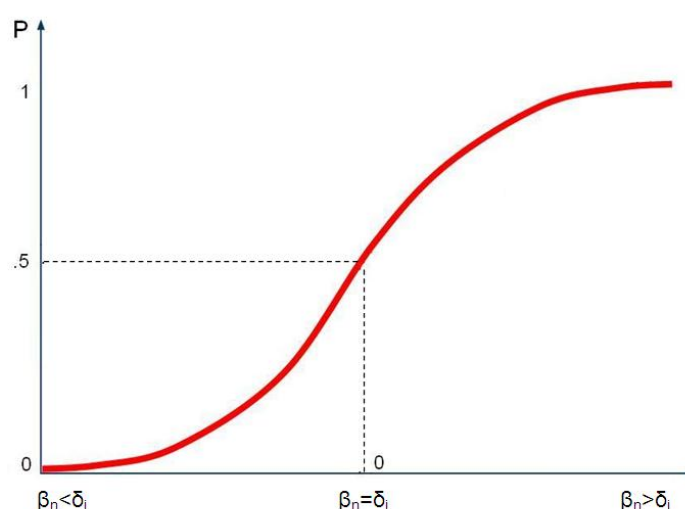
- *l'abilità* o capacità  $\beta_n$  *del soggetto* di rispondere, ossia il livello in cui il tratto latente è presente nel soggetto. In questo caso la competenza dell'individuo è rappresentata dalla misura della conoscenza in tema di radiazioni ionizzanti corrispondente ad un determinato punteggio conseguito;
- la *difficoltà*  $\delta_i$  *del quesito*, ossia il livello di criticità di una domanda del questionario: quanto più un item è difficile, tanto meno è probabile osservare individui che scelgono la modalità di risposta 1 piuttosto che 0.

In termini diversi, la risposta di un soggetto dipende dalla sua *capacità relativa*, ossia dalla sua *abilità in relazione alla complessità del quesito* (cfr. Giampaglia, 2008, p. 43).

Il modello di *Rasch* è un *modello probabilistico* per il quale *non c'è una certezza deterministica nel rapporto tra la difficoltà dell'item e l'abilità del soggetto* nel senso che, ad esempio, se la competenza dell'individuo è inferiore alla difficoltà di un certo quesito, allora – sicuramente – egli

fornirà una risposta non corretta. Il modello mette in conto la possibilità di situazioni accidentali in cui, ad esempio, un individuo possa dare una risposta sbagliata nonostante abbia le capacità di rispondere ad una domanda alla sua portata, così come rispondere correttamente nel caso di una domanda particolarmente complessa per la quale non abbia le conoscenze adeguate. Il rapporto che lega i due parametri è dunque di natura *probabilistica*: quando la capacità del soggetto è maggiore della difficoltà dell'item, la probabilità che la risposta sia corretta è superiore al 50%; viceversa, quando l'abilità del soggetto è inferiore alla difficoltà dell'item, la probabilità che la risposta data sia giusta è inferiore al 50%. Quando invece la difficoltà dell'item e l'abilità del soggetto si equivalgono, la probabilità di dare la risposta giusta è pari al 50%. Graficamente:

Figura 6.9.5 – Probabilità di una risposta positiva come funzione di  $\theta_n$  per un dato valore di  $\delta_i$



Fonte: nostra ri-elaborazione da Giampaglia, 2008 p. 46

Il modello gode di una serie di *proprietà* che consentono la traduzione nell'ambito delle scienze sociali del concetto di misura proprio delle scienze fisiche:

- *l'uni-dimensionalità*, si riferisce al fatto che l'attributo latente rispetto al quale viene eseguita la misura è soltanto uno. Nella presente ricerca gli item del test di competenza devono essere indicatori parziali della stessa variabile latente rappresentata dalle conoscenze in tema di radioattività. Se ciò non si dovesse verificare si deve procedere ad una selezione di item individuando un sottoinsieme omogeneo;
- *la sufficienza dei punteggi grezzi degli item e degli individui*, in quanto il modello rientra nella *Item Response Theory – IRT* (cfr. Baker, Kim, 2004), che consente l'utilizzo dei punteggi grezzi traducendoli in *logit*, quindi in un valore compreso nell'intero asse reale. Il

problema si pone perché utilizzando i punteggi grezzi, le posizioni sia tra i soggetti, sia tra i quesiti non sono equidistanti. Ad esempio, da un punto di vista matematico non c'è alcuna differenza nella distanza tra 5 e 10 e in quella tra 50 e 55, tuttavia da un punto di vista semantico non affatto è così (cfr. Marradi, 1987). Per ovviare a questa difficoltà la metrica semplice non lineare dei punteggi grezzi viene trasformata in una metrica lineare, detta *logit*, che tiene conto della distanza concettuale e pone sia i soggetti che gli item sullo stesso *continuum*. I *logit* creano una scala di intervalli che nella scala di Rasch prevede un *range* compreso tra  $\pm 4$ <sup>46</sup>. Ciò consente di creare una graduatoria di difficoltà degli item e una graduatoria di abilità degli individui, *confrontabili tra loro e al loro interno*. In questo modo è possibile stabilire quanto un quesito è più o meno difficile rispetto ad un altro e – questo è particolarmente interessante agli scopi del presente lavoro – *quanto un soggetto è più o meno abile rispetto ad un altro*. È altresì possibile confrontare l'abilità di un individuo con la difficoltà di un item in modo da prevedere la probabilità di scegliere una certa modalità di risposta.

- *l'invarianza della misurazione*, secondo la quale i parametri  $\beta_n$  vengono stimati indipendentemente dai  $\delta_i$ , e viceversa, i  $\delta_i$  indipendentemente dai  $\beta_n$ , in modo tale da evitare sia che il punteggio di un soggetto vari in relazione al livello di difficoltà degli item, sia che il punteggio di un item vari da campione a campione in base alle capacità degli individui che li costituiscono;
- *l'oggettività specifica*<sup>47</sup>, riguarda il fatto che il processo di misurazione non deve essere influenzato dalle caratteristiche dell'individuo diverse da quella di interesse, oppure da altri individui o dalle peculiarità dello strumento impiegato. In altri termini, se un soggetto è più abile di un altro rispetto ad un dato item, tale relazione deve restare invariata al modificarsi delle caratteristiche individuali e del questionario impiegato (cfr. Gori, Sanarico, Plazzi, 2005);

---

<sup>46</sup> Lo 0 non coincide con l'assenza di proprietà bensì con la posizione intermedia tra il minimo e il massimo.

<sup>47</sup> Rasch nell'individuare ciò che caratterizza la superiorità delle scienze fisico-naturali rispetto a quelle storico-sociali, giunse alla conclusione che *il concetto di scienza è legato alla possibilità di sviluppare metodi per la trasformazione delle osservazioni in misure secondo regole che soddisfino il principio dell'oggettività specifica*. L'*oggettività* si riferisce al fatto che il risultato del confronto tra due soggetti è indipendente dalla scelta della prova con cui i due soggetti entrano in contatto e da qualsiasi altro elemento. Il concetto di *specificità* si riferisce al fatto che l'*oggettività* di questi confronti è ristretta al sistema di riferimento.

- *l'assenza di guessing*, in base alla quale quanto più il livello di probabilità tende a valori piccoli, tanto più la probabilità di rispondere correttamente ad un item tende a 0, e viceversa;
- *la monotonia delle curve caratteristiche di ciascun item (Item Characteristic Curve ICC)*, indica che le funzioni che esprimono le probabilità di risposta ad un certo item sono funzioni continue e monotone, decrescenti per la modalità di risposta pari a 0, e crescenti per la modalità pari a 1.

Esistono almeno tre modi diversi per stimare i parametri  $\beta_n$  e  $\delta_i$ : il *metodo della massima verosimiglianza congiunta o non condizionata*, che stima simultaneamente i parametri delle persone e quelli degli item senza trarre vantaggio dalla possibilità di tener distinte le stime dei due parametri; il *metodo della massima verosimiglianza condizionata*, che al contrario sfrutta questa possibilità, e infine il *metodo della massima verosimiglianza marginale* che si avvale anch'esso della separabilità delle capacità dei soggetti dalle difficoltà degli item. Il *software* utilizzato si avvale della seconda procedura.

Una volta ottenute le stime dei parametri è possibile collocare sul *continuum* sia tutti i soggetti in base alla competenza di ognuno, sia tutti gli item in base alla difficoltà di ciascuno. Le ipotesi alla base del modello sono che i soggetti più capaci siano maggiormente in grado di dare risposte corrette rispetto agli individui con meno competenze, e che gli item più semplici ricevano più risposte corrette rispetto a quelli più difficili. Tuttavia la cumulatività dei punteggi dati dagli individui non è sempre garantita così come l'unidimensionalità della batteria. Non sempre infatti le ipotesi fondanti il modello vengono rispettate e per questo è utile procedere alla *valutazione della bontà di adattamento del modello teorico ai dati empirici*, ossia tra valori attesi e risposte osservate. Esistono diversi modi di procedere. Un metodo consiste nel calcolo dei *residui*  $z_{ni}$ , o differenze standardizzate, tra le risposte osservate e le risposte attese per ciascuna colonna individuando le variabili che non si adeguano al modello. Nel caso di item dicotomici i residui sono due perché la variabile può assumere solo i valori 0 e 1. La formula per il calcolo dei residui quando la risposta è sbagliata sarà:  $z_{ni} = -\sqrt{\pi_{ni}(1-\pi_{ni})}$ , mentre quando la risposta è corretta

$$\text{sarà: } z_{ni} = \sqrt{\frac{(1-\pi_{ni})}{\pi_{ni}}} \text{ in cui:}$$

$\pi_{ni}$  è la probabilità che il soggetto  $n$  dia la risposta  $x_{ni}$  quando incontra l'item  $i$ .

Nel caso in cui ci sia perfetta corrispondenza tra il modello e i dati, i residui hanno media pari a 0 e varianza unitaria. Tendono ad essere eliminati gli item che presentano un residuo  $\geq 3$ . Questo

approccio, lavorando sui singoli vettori di colonna, permette di individuare tutti gli item che presentano un cattivo adattamento al modello e di eliminarli con una procedura iterativa.

Per valutare l'*adattamento complessivo* di un item al modello di Rasch si calcola la media aritmetica semplice dei residui standardizzati al quadrato detta anche statistica *Outfit (Unweighted*

*mean square statistic*):  $U_i = \frac{\sum_{n=1}^N z_{ni}^2}{N}$  in cui N è il numero totale di soggetti.

Nella presente ricerca il test di competenza è composto complessivamente da 50 item strutturati in più batterie riferite a dimensioni differenti dello stesso concetto rappresentato dalla conoscenza in tema di radioattività. Per garantire l'unidimensionalità della scala si è deciso di adottare una particolare *batteria costituita da 13 item* che indaga la dimensione relativa alle *azioni protettive durante un'emergenza radiologica*<sup>48</sup>. Si è sottoposta la batteria al gruppo sperimentale e al gruppo di controllo nelle due occasioni di rilevazione per un totale di quattro valutazioni di adattamento del modello ai dati.

Il *software* adottato è stato *RUMM 2020 per Windows*, programma che impone un numero più contenuto di casi rispetto a quelli previsti dal disegno di campionamento<sup>49</sup>. Si è pertanto proceduto all'estrazione di un sottocampione per il GS e il GC e attraverso un procedura automatica di estrazione randomizzata dei casi si sono ottenuti due nuovi sottocampioni<sup>50</sup>: il GS è composto da 585 soggetti (il 69% del totale), mentre il GC da 610 soggetti (67% del totale).

Nel calcolo delle stime di beta e delta il modello di Rasch non prevede la considerazione dei casi con punteggi estremi, ossia soggetti che hanno dato tutte risposte corrette o tutte risposte sbagliate, per tale motivo vengono esclusi dall'analisi<sup>51</sup>. Degli originari 585 soggetti

---

<sup>48</sup> Prima di arrivare alla scelta della presente batteria sono state vagliate tutte quelle presenti all'interno del test di competenza. Si è optato per la presente perché: 1) ogni item rappresenta uno *statement* a se stante ma riferito ad un'unica dimensione concettuale; 2) nell'analisi della relazione tra modello e dati empirici si tratta dell'insieme di quesiti che ha dato i risultati migliori.

<sup>49</sup> Da notare che il vincolo di massimo 600 casi da "dare in pasto" a RUMM 2020 rappresenta un limite esclusivo del *software* che non riesce a gestire un numero maggiore di soggetti e non del modello matematico.

<sup>50</sup> La procedura automatica di campionamento casuale è stata eseguita con il *software SPSS 13.0*.

<sup>51</sup> Per rendere confrontabili il pretest e il posttest di ciascun gruppo, sono stati esclusi dall'analisi i casi che hanno presentato o solo alla prima o solo alla seconda occasione (o in entrambe) il punteggio massimo o minimo. In questo modo l'operazione di matching è garantita e in ciascuna occasione vengono considerati gli stessi soggetti.

sottocampionati nel GS sono stati inclusi nell'analisi 525, mentre nel GC 21 sono stati i casi con profili estremi e il campione definitivo è stato ridotto a 552.

Altro aspetto di natura tecnica riguarda il *trattamento dei missing*: il *package* statistico non considera i casi che presentano valori mancanti, pertanto per non perdere troppi soggetti si è deciso di ricodificare le mancate risposte come risposte sbagliate attribuendogli codice 0.

La matrice dei dati iniziali, o tabella inventario (seconda fase AMD) viene sottoposta ad operazioni di codifiche a posteriori sulle colonne della matrice (terza fase AMD) poiché i 13 item della batteria prevedono 3 alternative di risposta e necessitano di essere ricodificati in due alternative per l'applicazione del modello dicotomico<sup>52</sup>. A questo punto la matrice così trasformata costituisce già la tabella dei dati (quarta fase AMD) sulla quale applicare il modello.

### 6.9.2 I risultati

La strutturazione della batteria in 13 item è tipica per l'applicazione del modello di Rasch dove la variabile latente oggetto di misurazione è un particolare aspetto del tema della radioattività, ossia *le azioni di protezione da intraprendere in caso di emergenza radiologica*.

Lo scopo dell'applicazione del modello dicotomico di Rasch è quello di analizzare le competenze sul tema delle radiazioni nel campione di studenti del GS e del GC valutando il *cambiamento cognitivo* di ogni soggetto all'interno di ciascun gruppo sulla base delle variazioni dei punteggi alle risposte fornite nelle due occasioni di rilevazione (*cambiamento cognitivo diacronico*), e tra i vari soggetti in occasione della seconda rilevazione (*cambiamento cognitivo sincronico*). Recuperando la logica sperimentale si mettono a confronto successivamente i risultati del cambiamento in entrambi i sottocampioni.

Nei successivi paragrafi vengono presentati i seguenti output:

- una graduatoria di abilità (stime di beta) che consente di *quantificare per ogni gruppo di soggetti il livello di competenza* sul tema e di effettuare confronti rispetto agli altri studenti appartenenti agli altri livelli. Avendo a disposizione due osservazioni è possibile inoltre valutare l'esistenza e l'entità di *eventuali cambiamenti cognitivi*. Tale classifica può dunque essere usata come strumento di confronto all'interno di ciascun sottocampione tra due occasioni;

---

<sup>52</sup> L'alternativa di risposta "non so" viene aggregata alla "risposta sbagliata".

- una graduatoria di difficoltà degli item (stime di delta) che permette di individuare per ogni gruppo di soggetti i *quesiti più critici e ritenuti più complessi*;
- sulla base delle competenze dei soggetti (stime di beta) si riportano i *profili dei soggetti* che presentano le competenze più elevate e più basse in entrambi i gruppi nelle due occasioni di rilevazione.

#### 6.9.2.1 Le stime delle abilità dei soggetti e delle difficoltà degli item

Si presentano di seguito le tabelle che espongono separatamente per ciascun gruppo le stime relative alle *abilità dei soggetti*:

*Tabella 6.9.1 – Stime delle abilità dei soggetti. Gruppo Sperimentale*

| Test | Total Score | Frequency | CumFrequency | PerCent | CumPerCent | Estimate | Std Error |
|------|-------------|-----------|--------------|---------|------------|----------|-----------|
| Pre  | 1           | 5         | 5            | 0,95    | 0,95       | -2,45    | 0,94      |
|      | 2           | 19        | 24           | 3,62    | 4,57       | -1,79    | 0,77      |
|      | 3           | 42        | 66           | 8,00    | 12,57      | -1,30    | 0,69      |
|      | 4           | 61        | 127          | 11,62   | 24,19      | -0,88    | 0,65      |
|      | 5           | 78        | 205          | 14,86   | 39,05      | -0,51    | 0,62      |
|      | 6           | 105       | 310          | 20,00   | 59,05      | -0,15    | 0,61      |
|      | 7           | 95        | 405          | 18,10   | 77,14      | 0,19     | 0,60      |
|      | 8           | 58        | 463          | 11,05   | 88,19      | 0,54     | 0,61      |
|      | 9           | 33        | 496          | 6,29    | 94,47      | 0,90     | 0,63      |
|      | 10          | 20        | 516          | 3,81    | 98,28      | 1,30     | 0,68      |
|      | 11          | 7         | 523          | 1,33    | 99,62      | 1,77     | 0,76      |
|      | 12          | 2         | 525          | 0,38    | 100,00     | 2,40     | 0,93      |
|      | Sum         |           |              |         |            | -0,17    |           |
| Post | 1           | 10        | 10           | 1,90    | 1,90       | -2,36    | 0,94      |
|      | 2           | 17        | 27           | 3,24    | 5,14       | -1,72    | 0,76      |
|      | 3           | 40        | 67           | 7,62    | 12,76      | -1,24    | 0,68      |
|      | 4           | 58        | 125          | 11,05   | 23,80      | -0,84    | 0,63      |
|      | 5           | 83        | 208          | 15,81   | 39,61      | -0,48    | 0,60      |
|      | 6           | 90        | 298          | 17,14   | 56,76      | -0,14    | 0,59      |
|      | 7           | 90        | 388          | 17,14   | 73,90      | 0,18     | 0,59      |
|      | 8           | 62        | 450          | 11,81   | 85,71      | 0,51     | 0,60      |
|      | 9           | 35        | 485          | 6,67    | 92,38      | 0,86     | 0,62      |
|      | 10          | 31        | 516          | 5,90    | 98,28      | 1,24     | 0,67      |
|      | 11          | 7         | 523          | 1,33    | 99,61      | 1,70     | 0,75      |
|      | 12          | 2         | 525          | 0,38    | 100,00     | 2,32     | 0,92      |
|      | Sum         |           |              |         |            | -0,14    |           |

Nella tabella si riportano le stime delle abilità e le frequenze dei punteggi per entrambe le rilevazioni che permettono un confronto nel tempo dei 525 soggetti appartenenti al GS. Come detto nel paragrafo 6.9.1 di illustrazione della tecnica, i punteggi estremi non vengono considerati. Essendo una batteria di 13 item il minimo considerato coincide con l'1 e il massimo con il punteggio 12. Dalla colonna delle frequenze si evince già un *cambiamento nel tempo nella*

*direzione del miglioramento*: i soggetti che ottengono fino ad un punteggio di 6 sono inizialmente 310 (59% del totale) e nel posttest diminuiscono a 298 (56,7% del totale), mentre aumentano i casi che alla seconda rilevazione rispondono correttamente a più domande: i soggetti che ottengono un punteggio compreso tra 7 e 12 da 215 aumentano a 227. Il punteggio che ottiene le maggiori frequenze a T1 è il 6 con 105 studenti, mentre a T2 i valori mediani sono il 6 e il 7 con 90 soggetti per ciascuna classe. *Lo scarto più evidente che determina nel complesso il miglioramento cognitivo del gruppo riguarda il punteggio 10*: in questa classe si collocavano 20 soggetti mentre alla seconda occasione l'ammontare sale a 31. La colonna 'Estimate' è relativa alla *stima di beta*: quanto più il valore è basso, tanto minori saranno le abilità dei soggetti. Beta fornisce informazioni diverse ma complementari rispetto alle frequenze dei punteggi grezzi. I valori della colonna indicano che le competenze medie dei soggetti nel pretest occupano un *range* abbastanza ampio che va da -2,44 a 2,40 logit, e questo consente una buona differenziazione dei soggetti lungo il *continuum*. Il campo di variazione nel posttest risulta leggermente più ristretto con un minimo di -2,35 e un massimo di 2,32 logit. Si ottengono tante stime di  $\beta_n$  quanti sono i punteggi; ogni valore, infatti, non corrisponde al singolo ma al gruppo di individui che ottengono un determinato punteggio. Nel pretest il punteggio con la frequenza maggiore è il 6 cui corrisponde una stima di beta pari a -0,15 logit; nel posttest si è notato che i punteggi 6 e 7 presentano la stessa frequenza più elevata con stime di beta rispettivamente di -0,14 e di 0,18 logit. *Nell'ottica del cambiamento cognitivo* le colonne della stima nel pretest e nel posttest vanno lette congiuntamente, ossia *a parità di punteggio si valuta se e in che direzione è cambiata l'abilità del soggetto*. Emerge che nei casi in cui i soggetti ottengono un punteggio compreso tra 1 e 6 le competenze aumentano, mentre il contrario accade per i punteggi superiori. Questo sottolinea che *con lo stimolo del pretest e dell'intervento formativo gli studenti del GS migliorano le proprie conoscenze in tema di radiazioni andando a rispondere correttamente per un numero maggiore di risposte che però non va oltre le 6 domande della batteria*. Nel complesso il *beta medio* indica che le *competenze medie* nel campione dei soggetti del GS sono nel tempo migliorate passando da -0,17 a -0,14 logit.

Tabella 6.9.2 – Stime delle abilità dei soggetti. Gruppo di Controllo

| Test | Total Score | Frequency | CumFrequency | PerCent | CumPerCent | Estimate | Std Error |
|------|-------------|-----------|--------------|---------|------------|----------|-----------|
| Pre  | 1           | 12        | 12           | 2,17    | 2,17       | -2,42    | 0,94      |
|      | 2           | 18        | 30           | 3,26    | 5,43       | -1,77    | 0,77      |
|      | 3           | 38        | 68           | 6,88    | 12,31      | -1,28    | 0,69      |
|      | 4           | 69        | 137          | 12,50   | 24,81      | -0,87    | 0,64      |
|      | 5           | 94        | 231          | 17,03   | 41,84      | -0,50    | 0,61      |
|      | 6           | 104       | 335          | 18,84   | 60,68      | -0,15    | 0,60      |
|      | 7           | 77        | 412          | 13,95   | 74,63      | 0,19     | 0,60      |
|      | 8           | 72        | 484          | 13,04   | 87,68      | 0,53     | 0,61      |
|      | 9           | 38        | 522          | 6,88    | 94,56      | 0,89     | 0,63      |
|      | 10          | 19        | 541          | 3,44    | 98,00      | 1,28     | 0,68      |
|      | 11          | 9         | 550          | 1,63    | 99,63      | 1,75     | 0,76      |
|      | 12          | 2         | 552          | 0,36    | 100,00     | 2,39     | 0,93      |
| Pre  | Sum         |           |              |         |            | -0,19    |           |
| Post | 1           | 20        | 20           | 3,62    | 3,62       | -2,35    | 0,93      |
|      | 2           | 29        | 49           | 5,25    | 8,87       | -1,71    | 0,76      |
|      | 3           | 50        | 99           | 9,06    | 17,93      | -1,24    | 0,68      |
|      | 4           | 71        | 170          | 12,86   | 30,79      | -0,84    | 0,63      |
|      | 5           | 102       | 272          | 18,48   | 49,27      | -0,49    | 0,60      |
|      | 6           | 80        | 352          | 14,49   | 63,76      | -0,15    | 0,59      |
|      | 7           | 92        | 444          | 16,67   | 80,43      | 0,18     | 0,59      |
|      | 8           | 57        | 501          | 10,33   | 90,76      | 0,51     | 0,60      |
|      | 9           | 27        | 528          | 4,89    | 95,65      | 0,85     | 0,62      |
|      | 10          | 11        | 539          | 1,99    | 97,64      | 1,24     | 0,67      |
|      | 11          | 11        | 550          | 1,99    | 99,63      | 1,70     | 0,75      |
|      | 12          | 2         | 552          | 0,36    | 100,00     | 2,33     | 0,92      |
| Post | Sum         |           |              |         |            | -0,32    |           |

Relativamente al GC *il beta medio mostra che le competenze medie nel campione dei soggetti del GC sono nel tempo peggiorate*, passando da -0,19 a -0,32 logit. In effetti, mentre nel pretest 217 (36,2%) casi si collocano nella seconda metà della scala, nel posttest 200 (39,3%) soggetti rispondono correttamente dalle 7 alle 12 domande, quindi 17 sono gli studenti che confluiscono tra i punteggi più bassi dimostrando una regressione cognitiva. Il punteggio che ottiene le maggiori frequenze alla prima rilevazione è il 6, e in particolare 104 sono i soggetti che inizialmente danno fino a 6 risposte corrette; nella seconda rilevazione invece la maggior parte dei soggetti, 102, fornisce *fino a 5 risposte esatte*. La stima di abilità (beta) per gruppi di soggetti in base ai punteggi possibili (da 1 a 12) presenta un campo di variazione abbastanza ampio che nel pretest va da un minimo di -2,42 ad un massimo di 2,39 logit e nel posttest, similmente, da un limite inferiore di -2,35 a uno superiore di 2,33 logit. *Il miglioramento cognitivo si riscontra per i punteggi da 1 a 5*, ossia cambiano in positivo le conoscenze nei casi in cui vengono date fino a 5 risposte corrette, *anche se si tratta di un cambiamento di un'intensità minore rispetto a quello riscontrato tra gli*

*studenti del GS. Complessivamente tuttavia il beta medio – come descritto all’inizio – indica un peggioramento delle competenze.*

A questo punto si passa a valutare la *difficoltà degli item*. Le graduatorie dei punteggi fornite dai soggetti (stime di beta) e quella della complessità degli item in base alle risposte corrette (stime di delta) non sono strumenti indipendenti; al contrario, la loro valenza si sostanzia in un utilizzo congiunto. Si riportano le tabelle per il GS e il GC relativamente ad entrambe le rilevazioni che espongono le stime di delta:

*Tabella 6.9.3 – Stime della difficoltà degli item. Gruppo Sperimentale*

| <i>Item Statement</i> |                                                                                                                                                                             | <i>Frequency</i> | <i>PerCent</i> | <i>Location</i> | <i>SE</i> |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------|
| <i>Pre</i>            | 1 Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 396              | 12,5           | -1,31           | 0,10      |
|                       | 13 Evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                             | 386              | 12,2           | -1,22           | 0,10      |
|                       | 12 Decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                    | 384              | 12,2           | -1,18           | 0,10      |
|                       | 3 Abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 346              | 10,9           | -0,85           | 0,10      |
|                       | 10 Protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                         | 297              | 9,4            | -0,38           | 0,09      |
|                       | 6 Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 242              | 7,7            | 0,02            | 0,09      |
|                       | 7 Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 208              | 6,6            | 0,26            | 0,09      |
|                       | 5 Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 183              | 5,8            | 0,48            | 0,10      |
|                       | 11 Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                    | 177              | 5,6            | 0,53            | 0,10      |
|                       | 9 Utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 144              | 4,6            | 0,83            | 0,10      |
|                       | 2 Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 139              | 4,4            | 0,86            | 0,10      |
|                       | 8 Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 129              | 4,1            | 0,97            | 0,10      |
|                       | 4 Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 129              | 4,1            | 1,02            | 0,11      |
|                       | Sum                                                                                                                                                                         | 3160             |                |                 |           |
| <i>Post</i>           | 1 Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 404              | 12,6           | -1,39           | 0,11      |
|                       | 12 Decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                    | 369              | 11,5           | -1,04           | 0,10      |
|                       | 13 Evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                             | 349              | 10,9           | -0,85           | 0,10      |
|                       | 3 Abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 323              | 10,1           | -0,61           | 0,10      |
|                       | 10 Protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                         | 266              | 8,3            | -0,12           | 0,09      |
|                       | 6 Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e                                                                                                               | 227              | 7,1            | 0,15            | 0,09      |

|                                                                                                                                                                             |      |     |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|------|
| impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria                                                                            |      |     |      |      |
| 2 Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 215  | 6,7 | 0,24 | 0,09 |
| 7 Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 209  | 6,5 | 0,31 | 0,10 |
| 11 Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                    | 198  | 6,2 | 0,38 | 0,10 |
| 5 Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 202  | 6,3 | 0,38 | 0,10 |
| 8 Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 160  | 5,0 | 0,73 | 0,10 |
| 9 Utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 142  | 4,4 | 0,90 | 0,10 |
| 4 Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 139  | 4,3 | 0,91 | 0,10 |
| Sum                                                                                                                                                                         | 3203 |     |      |      |

Attraverso tale tabella si evidenzia sia quali sono gli item più difficili, sia se si riscontra un cambiamento nella valutazione degli stessi nel tempo, separatamente per GS e GC. I quesiti vengono riportati in ordine crescente in base alla frequenza di risposte corrette per ciascuna rilevazione. Per quanto riguarda il GS, la domanda più semplice al pretest risulta essere il controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza al fine di limitare l'afflusso di persone, che ottiene 396 risposte esatte (12,5%) e anche nel posttest mantiene la prima posizione, aumentando a 404 (12,6%) le risposte esatte. Al secondo posto per semplicità si colloca l'evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza che registra 386 risposte corrette (12,2%), ma al posttest tale quesito diminuisce la quota di risposte azzeccate con 349 risposte (10,9%). Il dato più interessante nell'ottica del mutamento consiste nel rintracciare gli item che risultano più semplici alla seconda rilevazione aumentando il valore di delta. Si tratta in particolare della prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza che da passa da 139 (4,4%) a 215 (6,7%) risposte corrette. Altro cambiamento significativo si riscontra per l'ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni che da 129 (4,1%) aumenta a 160 (5%) risposte esatte. In corrispondenza di tali quesiti sembra che *in parte il pretest e in parte l'intervento formativo abbiano stimolato all'apprendimento di nuove nozioni che portano al cambiamento delle conoscenze degli studenti del GS.*

Di seguito si presentano i risultati per il GC:

Tabella 6.9.4 – Stime delle difficoltà degli item. Gruppo di Controllo

|      | Item | Statement                                                                                                                                                                 | Frequency | PerCent | Location | SE   |
|------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|----------|------|
| Pre  | 13   | Evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                              | 410       | 12,4    | -1,28    | 0,10 |
|      | 1    | Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 394       | 11,9    | -1,14    | 0,10 |
|      | 12   | Decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                     | 393       | 11,9    | -1,12    | 0,10 |
|      | 3    | Abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 349       | 10,6    | -0,76    | 0,09 |
|      | 10   | Protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                          | 296       | 9,0     | -0,31    | 0,09 |
|      | 6    | Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 275       | 8,3     | -0,16    | 0,09 |
|      | 5    | Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 213       | 6,5     | 0,33     | 0,09 |
|      | 7    | Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 203       | 6,1     | 0,38     | 0,09 |
|      | 11   | Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 198       | 6,0     | 0,44     | 0,09 |
|      | 9    | Utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 158       | 4,8     | 0,76     | 0,10 |
|      | 2    | Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 151       | 4,6     | 0,81     | 0,10 |
|      | 4    | Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 139       | 4,2     | 0,96     | 0,10 |
|      | 8    | Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte dei reni                     | 123       | 3,7     | 1,10     | 0,10 |
|      | Sum  |                                                                                                                                                                           | 3302      |         |          |      |
| Post | 1    | Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di limitare l'afflusso di persone                                    | 399       | 12,9    | -1,36    | 0,10 |
|      | 12   | Decontaminazione e rimozione delle sostanze radioattive eventualmente depositate su superfici esposte                                                                     | 358       | 11,5    | -0,94    | 0,10 |
|      | 13   | Evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza                                                                                              | 342       | 11,0    | -0,79    | 0,09 |
|      | 3    | Abbattimento degli alberi delle zone interessate                                                                                                                          | 314       | 10,1    | -0,62    | 0,09 |
|      | 6    | Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno accesi per favorire il ricircolo dell'aria              | 260       | 8,4     | -0,17    | 0,09 |
|      | 10   | Protezione e controllo della catena alimentare da parte delle Autorità sanitarie                                                                                          | 253       | 8,2     | -0,09    | 0,09 |
|      | 5    | Riparo all'interno di edifici con porte e finestre chiuse e impianti di ventilazione con aspirazione dall'esterno spenti                                                  | 220       | 7,1     | 0,15     | 0,09 |
|      | 7    | Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio radioattivo da parte della tiroide                | 206       | 6,6     | 0,27     | 0,09 |
|      | 2    | Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 181       | 5,8     | 0,41     | 0,10 |
|      | 11   | Prescrizione di diete ad alto contenuto di vitamina C                                                                                                                     | 178       | 5,7     | 0,46     | 0,10 |
|      | 9    | Utilizzo di creme protettive a schermo totale al fine di contenere l'assorbimento di radiazioni da parte della pelle                                                      | 138       | 4,5     | 0,81     | 0,10 |
|      | 8    | Ingestione, sotto stretto controllo medico, di composti di iodio stabile per evitare o limitare l'assorbimento di iodio                                                   | 128       | 4,1     | 0,91     | 0,10 |

|                                                                                                                                                                             |      |     |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|------|
| radioattivo da parte dei reni                                                                                                                                               |      |     |      |      |
| 4 Controllo degli accessi alle zone interessate da parte delle Autorità di pubblica sicurezza, al fine di evitare la fuoriuscita di persone contaminate e quindi contagiose | 123  | 4,0 | 0,97 | 0,11 |
| Sum                                                                                                                                                                         | 3100 |     |      |      |

Nel GC l'item che risulta avere le risposte corrette più elevate nel pretest, e quindi considerato più semplice, è l'evacuazione della popolazione residente nell'area interessata dall'emergenza con 410 risposte (12,4%). Nel posttest risulta essere il quesito che presenta la maggior perdita delle risposte esatte (68), risultando nel tempo più difficile e ciò denota una regressione di tali conoscenze. La domanda che invece risulta nella seconda rilevazione più semplice è la prescrizione di frequenti controlli ecografici alle donne in gravidanza, passando da 151 (4,6%) a 181 risposte corrette (5,8%). Essa è la medesima che presenta nel GS l'incremento più marcato di risposte corrette, ma differenti sono le intensità di tale cambiamento: mentre nel GC l'item aumenta di 30 risposte corrette, nel GS il quesito ottiene ben 76 risposte corrette in più.

#### 6.9.2.2 L'adattamento dei dati osservati al modello teorico

Dopo la stima dei parametri di abilità dei soggetti e di difficoltà degli item, si passa alla *valutazione della bontà di adattamento del modello ai dati osservati*.

I risultati dimostrano un *adattamento dei dati al modello non ottimale*. I valori possono essere spiegati chiamando in causa una molteplicità di motivi. Una ragione può essere rintracciata nella *multidimensionalità della batteria* monitorata attraverso l'*alfa di Cronbach*. Nel presente caso l'*alfa di Cronbach*<sup>53</sup> non è alta per le quattro rilevazioni (due per il GS e due per il GC):

Tabella 6.9.5 – Cronbach's Alpha

|          | Gruppo Sperimentale | Gruppo di Controllo |
|----------|---------------------|---------------------|
| Pretest  | 0,59                | 0,57                |
| Posttest | 0,63                | 0,65                |

I valori dell'*alfa* denotano una scarsa coerenza interna tra gli elementi della scala nelle quattro condizioni considerate, nonostante si tratti di una batteria inserita all'interno del test di

<sup>53</sup> Il coefficiente *Alpha di Cronbach* misura il grado complessivo di *coerenza interna della scala* e viene

calcolato come segue:  $\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{yi}^2}{\sigma_x^2} \right)$ , in cui: k= numero di elementi della scala;  $\sigma_x^2$  = varianza

del totale dei punteggi;  $\sigma_{yi}^2$  = varianza di ciascun elemento.

competenza<sup>54</sup>. Da notare tuttavia che in entrambi i gruppi il coefficiente, per quanto non sia elevato, aumenta nella seconda rilevazione, quasi a dimostrare che, con lo stimolo di pretest nel GC e di pretest più intervento nel GS, i soggetti tendono a presentare un comportamento di risposta coerente con le ipotesi teoriche.

Un'altra causa può essere ricercata nella *eterogeneità dell'insieme di studenti* tale da determinare il c.d. *effetto Differential Item Functioning (DIF)*. Si tratta del caso in cui non è la batteria a riflettere più dimensioni latenti, bensì sono i soggetti del campione esaminato ad avere comportamenti tra loro difformi. *Gli individui sono apparentemente membri dello stesso universo ma in realtà afferiscono a popolazioni diverse relativamente al tema indagato.* È possibile infatti che la probabilità di risposta corretta differisca in maniera sistematica tra sottogruppi di individui. Se per due soggetti la difficoltà di un quesito è diversa, può accadere che lo studente con abilità minori superi l'item con una probabilità più elevata dello studente con abilità maggiori e il confronto di competenze tra i due non risulterebbe più indipendente dallo specifico item utilizzato.

C'è da aggiungere inoltre che l'utilizzo di un modello dicotomico non è detto consenta di discriminare in modo soddisfacente le risposte degli studenti. Si ricorda che per l'applicazione del modello dicotomico le tre alternative di risposta sono state aggregate in due categorie.

Nel presente caso i risultati delle precedenti analisi suggeriscono che il non adattamento possa essere ascritto a tutti i motivi elencati. Infatti, attraverso gli incroci effettuati, le diverse applicazioni di analisi della varianza e le *multiway analysis*, viene dimostrato come il tema venga affrontato e acquisito in maniera differente dai gruppi che nascono dalla suddivisione del campione in base alle variabili considerate teoricamente esplicative del cambiamento: città, tipo di scuola, percorso formativo, capitale culturale, genere e approfondimento personale.

A tale proposito si presenta nel successivo paragrafo *l'ultimo output* che, sulla base delle stime di beta, individua i singoli casi (microdati) dei due gruppi in entrambe le occasioni. In particolare

---

<sup>54</sup> Si ricorda che l'analisi *multiway* (paragrafo 6.8), prendendo in considerazione le risposte corrette dei 20 quesiti in cui il GS ha riscontrato il cambiamento più evidente, mostra – attraverso l'analisi fattoriale che ne è alla base – l'unidimensionalità del fenomeno attraverso l'estrazione della prima componente in entrambi i gruppi, interpretata come acquisizione delle conoscenze in tema di radioattività. Tale conclusione *potrebbe risultare in contraddizione* con la suddetta mancanza di unidimensionalità della batteria utilizzata per il modello dicotomico di Rasch, *ma non lo è* per almeno tre ordini di motivi: in primo luogo perché le variabili considerate non sono le stesse; in secondo luogo perché la tecnica che stima la coerenza interna è differente; in terzo luogo, ancora più importante, perché, mentre con la *multiway* l'analisi fattoriale che mette in relazione le stesse variabili riferite ad occasioni diverse stima la coerenza tra le due occasioni, con le applicazioni del modello di Rasch si valuta la coerenza interna in un solo intervallo temporale alla volta.

l'attenzione verrà circoscritta agli *studenti con le competenze più elevate e più scarse* che verranno caratterizzati in base alle variabili di contesto e di meccanismo utilizzate nelle precedenti analisi.

### 6.9.2.3 I profili degli studenti più abili e meno abili nel tempo

Si è deciso di individuare i *profili degli studenti* di entrambi i gruppi nelle due rilevazioni sulla base dell'abilità osservata tramite la stima di beta. I soggetti vengono caratterizzati dalle 6 variabili utilizzate in tutte le precedenti analisi. Si decide di circoscrivere l'analisi ai soli casi di eccellenza e ai casi con le conoscenze più scarse, ossia con stime molto alte e molto basse del parametro in questione<sup>55</sup>. I casi sono pertanto rappresentativi non dell'intero campione considerato ma solo di quello incluso nell'analisi del modello di Rasch che si ricorda ne costituisce circa il 70%.

Si prende in considerazione il pretest del GS riportando una tabella che riassume i casi considerati e le relative stime di beta cui corrispondono i punteggi assegnati:

*Tabella 6.9.6 – Soggetti più abili e meno abili. Pretest e posttest del Gruppo Sperimentale*

|                   | Pretest |        |    | Posttest |        |             |
|-------------------|---------|--------|----|----------|--------|-------------|
|                   | Beta    | Scores | N  | Beta     | Scores | Frequencies |
| <i>Meno abili</i> | -2,45   | 1      | 5  | -2,36    | 1      | 10          |
|                   | -1,79   | 2      | 19 | -1,72    | 2      | 17          |
| <i>Più abili</i>  | 1,30    | 10     | 20 | 1,24     | 10     | 31          |
|                   | 1,77    | 11     | 7  | 1,70     | 11     | 7           |
|                   | 2,40    | 12     | 2  | 2,32     | 12     | 2           |

Circoscrivendo l'analisi ai soli casi con le più elevate e basse competenze in tema di radiazioni risulta più semplice indagare in ottica diacronica l'evoluzione delle abilità. Si nota che i valori di beta dei meno abili migliorano alla seconda rilevazione, probabilmente grazie alla formula del doppio stimolo del pretest più l'intervento formativo, mentre coloro che in partenza avevano dato una migliore performance riducono il coefficiente di abilità, nonostante la categoria che azzecca fino a 10 risposte della batteria aumenta la dimensione passando da 20 a 31 studenti.

---

<sup>55</sup> Le stime di beta più alte e più basse corrispondono rispettivamente ai punteggi compresi tra 10 e 12 e tra 1 e 2.

Tabella 6.9.7 – Soggetti più abili e meno abili. Pretest e posttest del Gruppo di Controllo

|                   | Pretest |        |    | Posttest |        |             |
|-------------------|---------|--------|----|----------|--------|-------------|
|                   | Beta    | Scores | N  | Beta     | Scores | Frequencies |
| <i>Meno abili</i> | -2,42   | 1      | 12 | -2,35    | 1      | 20          |
|                   | -1,77   | 2      | 17 | -1,71    | 2      | 29          |
| <i>Più abili</i>  | 1,28    | 10     | 19 | 1,24     | 10     | 11          |
|                   | 1,75    | 11     | 9  | 1,70     | 11     | 11          |
|                   | 2,39    | 12     | 2  | 2,33     | 12     | 2           |

Anche gli studenti appartenenti al GC che al pretest mostrano le conoscenze più basse aumentano il proprio coefficiente di abilità. Similmente al GS, anche i casi che inizialmente presentano una maggiore conoscenza del fenomeno vedono ridurre il valore di stima della propria abilità. Apparentemente entrambi i gruppi sembrano comportarsi similmente, tuttavia emergono delle differenze circa l'intensità degli spostamenti nel tempo ispezionando congiuntamente le colonne relative alle frequenze. Nelle categorie di conoscenze più profonde il GS presenta un maggiore spostamento di casi: in particolare nel punteggio 10, vengono classificati 11 studenti in più, mentre nel GC 8 studenti in meno. Specularmente, nel GC si evince un movimento maggiore tra i punteggi che denotano uno scarso livello di conoscenza: sommando chi ha ottenuto punteggio 1 o 2 nel GC, 20 casi vanno ad aggiungersi ai precedenti; nel GS solo 5 studenti in più rientrano tra coloro che hanno risposto correttamente ad una domanda mentre due degli individui che avevano ottenuto punteggio 2 escono dalla categoria.

A questo punto si vanno a caratterizzare gli studenti meno abili e più abili nelle quattro situazioni considerate sulla base delle variabili utilizzate nelle precedenti analisi, ossia città, tipo di scuola, percorso formativo, capitale culturale, genere e approfondimento personale:

Tabella 6.9.8 – Profilo degli studenti meno abili nel Gruppo Sperimentale. Pretest e Postest

|                           |                        | Pretest   |         | Postest   |         |
|---------------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
|                           |                        | Frequency | PerCent | Frequency | PerCent |
| Città                     | Roma                   | 5         | 1,0     | 6         | 1,1     |
|                           | Frosinone              | 5         | 1,0     | 10        | 1,9     |
|                           | Latina                 | 6         | 1,1     | 7         | 1,3     |
|                           | Viterbo                | 8         | 1,5     | 4         | 0,8     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |
| Tipo di scuola            | Liceo                  | 4         | 0,8     | 10        | 1,9     |
|                           | Istituto tecnico       | 6         | 1,1     | 5         | 1,0     |
|                           | Istituto professionale | 14        | 2,7     | 12        | 2,3     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |
| Percorso formativo        | Biennio                | 14        | 2,7     | 11        | 2,1     |
|                           | Triennio               | 10        | 1,9     | 16        | 3,0     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |
| Capitale culturale        | Basso                  | 6         | 1,1     | 9         | 1,7     |
|                           | Medio                  | 15        | 2,9     | 13        | 2,5     |
|                           | Alto                   | 3         | 0,6     | 5         | 1,0     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |
| Genere                    | Maschio                | 20        | 3,8     | 19        | 3,6     |
|                           | Femmina                | 4         | 0,8     | 8         | 1,5     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |
| Approfondimento personale | No                     | 20        | 3,8     | 23        | 4,4     |
|                           | Sì                     | 4         | 0,8     | 4         | 0,8     |
|                           | Totale                 | 24        | 4,6     | 27        | 5,1     |

Gli studenti del GS che hanno scarse conoscenze del tema prima di qualsiasi stimolo sono prevalentemente maschi, della città di Viterbo, frequentano l'istituto professionale e sono al biennio, non approfondiscono autonomamente il tema dopo la prima rilevazione e hanno un capitale culturale medio. Al postest il profilo dello studente che ha limitate conoscenze sul tema, nonostante il pretest e soprattutto nonostante l'intervento formativo, cambia in parte. Si tratta di maschi della città di Frosinone, che frequentano il triennio dell'istituto professionale, non approfondiscono personalmente l'argomento e hanno un capitale culturale medio. Nonostante non rappresenti il prototipo di studente con le più scarse competenze, nell'ottica del cambiamento come regressione cognitiva, il ragazzo del liceo peggiora la propria performance.

*Tabella 6.9.9 – Profilo degli studenti più abili nel Gruppo Sperimentale. Pretest e Postest*

|                           |                        | Pretest   |         | Postest   |         |
|---------------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
|                           |                        | Frequency | PerCent | Frequency | PerCent |
| Città                     | Roma                   | 11        | 2,1     | 8         | 1,5     |
|                           | Frosinone              | 3         | 0,6     | 11        | 2,1     |
|                           | Latina                 | 7         | 1,3     | 10        | 1,9     |
|                           | Viterbo                | 8         | 1,5     | 11        | 2,1     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |
| Tipo di scuola            | Liceo                  | 14        | 2,7     | 26        | 5,0     |
|                           | Istituto tecnico       | 7         | 1,3     | 11        | 2,1     |
|                           | Istituto professionale | 8         | 1,5     | 3         | 0,6     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |
| Percorso formativo        | Biennio                | 7         | 1,3     | 6         | 1,1     |
|                           | Triennio               | 22        | 4,2     | 34        | 6,5     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |
| Capitale culturale        | Basso                  | 7         | 1,3     | 6         | 1,1     |
|                           | Medio                  | 12        | 2,3     | 22        | 4,2     |
|                           | Alto                   | 10        | 1,9     | 12        | 2,3     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |
| Genere                    | Maschio                | 21        | 4,0     | 23        | 4,4     |
|                           | Femmina                | 8         | 1,5     | 17        | 3,2     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |
| Approfondimento personale | No                     | 23        | 4,4     | 30        | 5,7     |
|                           | Sì                     | 6         | 1,1     | 10        | 1,9     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,5     | 40        | 7,6     |

Le punte di eccellenza che hanno in partenza le conoscenze più avanzate in tema di radiazioni sono gli studenti di Roma che frequentano il triennio del liceo, non approfondiscono l'argomento dopo il pretest e hanno un capitale culturale familiare medio. Dopo l'intervento formativo la situazione in parte si trasforma e gli studenti che hanno elevate conoscenze sulla radioattività sono di Frosinone e di Viterbo, frequentano il triennio del liceo ma anche coloro che sono dell'istituto tecnico rientrano tra gli studenti migliori, hanno un capitale culturale medio, non approfondiscono autonomamente il tema dopo la lezione formativa, tuttavia coloro che invece si informano mostrano un elevato incremento. Risultato simile alla variabile approfondimento personale riguarda il genere: i più esperti sul tema nella fase di postest sono maschi ma, nell'ottica del cambiamento cognitivo, chi migliora di più è il genere femminile.

*Tabella 6.9.10 – Profilo degli studenti meno abili nel Gruppo di Controllo. Pretest e Postest*

|                           |                        | Pretest   |         | Postest   |         |
|---------------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
|                           |                        | Frequency | PerCent | Frequency | PerCent |
| Città                     | Roma                   | 10        | 1,8     | 14        | 2,5     |
|                           | Frosinone              | 6         | 1,1     | 17        | 3,1     |
|                           | Latina                 | 6         | 1,1     | 7         | 1,3     |
|                           | Viterbo                | 7         | 1,3     | 11        | 2,0     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,3     | 49        | 8,9     |
| Tipo di scuola            | Liceo                  | 12        | 2,2     | 21        | 3,8     |
|                           | Istituto tecnico       | 5         | 0,9     | 13        | 2,4     |
|                           | Istituto professionale | 12        | 2,2     | 15        | 2,7     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,3     | 49        | 8,9     |
| Percorso formativo        | Biennio                | 12        | 2,2     | 20        | 3,6     |
|                           | Triennio               | 17        | 3,1     | 29        | 5,3     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,3     | 49        | 8,9     |
| Capitale culturale        | Basso                  | 10        | 1,8     | 9         | 1,6     |
|                           | Medio                  | 12        | 2,2     | 23        | 4,2     |
|                           | Alto                   | 7         | 1,3     | 17        | 3,1     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,3     | 49        | 8,9     |
| Genere                    | Maschio                | 11        | 2,0     | 24        | 4,3     |
|                           | Femmina                | 17        | 3,1     | 25        | 4,5     |
|                           | Totale                 | 28        | 5,1     | 49        | 8,9     |
| Approfondimento personale | No                     | 26        | 4,7     | 45        | 8,2     |
|                           | Sì                     | 3         | 0,5     | 3         | 0,5     |
|                           | Totale                 | 29        | 5,3     | 48        | 8,7     |

Nel GC i ragazzi che mostrano le conoscenze più inadeguate al tema in fase di pretest sono di sesso femminile, frequentano il triennio del liceo e dell'istituto professionale, sono della città di Roma, non approfondiscono il tema autonomamente e possiedono un capitale culturale medio. Con la seconda rilevazione il profilo non cambia molto: si tratta di studentesse del triennio del liceo di Roma e di Frosinone, che non approfondiscono il tema e possiedono un capitale culturale medio. Nonostante il prototipo che possiede scarse competenze abbia queste caratteristiche, in ottica di cambiamento cognitivo, alcune categorie mostrano un peggioramento di abilità: coloro che frequentano il biennio e il genere maschile.

Tabella 6.9.11 – Profilo degli studenti più abili nel Gruppo di Controllo. Pretest e Postest

|                           |                        | Pretest   |         | Postest   |         |
|---------------------------|------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
|                           |                        | Frequency | PerCent | Frequency | PerCent |
| Città                     | Roma                   | 7         | 1,3     | 7         | 1,3     |
|                           | Frosinone              | 2         | 0,4     | 3         | 0,5     |
|                           | Latina                 | 10        | 1,8     | 11        | 2,0     |
|                           | Viterbo                | 11        | 2,0     | 3         | 0,5     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |
| Tipo di scuola            | Liceo                  | 21        | 3,8     | 13        | 2,4     |
|                           | Istituto tecnico       | 7         | 1,3     | 10        | 1,8     |
|                           | Istituto professionale | 2         | 0,4     | 1         | 0,2     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |
| Percorso formativo        | Biennio                | 8         | 1,4     | 12        | 2,2     |
|                           | Triennio               | 22        | 4,0     | 12        | 2,2     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |
| Capitale culturale        | Basso                  | 6         | 1,1     | 6         | 1,1     |
|                           | Medio                  | 15        | 2,7     | 10        | 1,8     |
|                           | Alto                   | 9         | 1,6     | 8         | 1,4     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |
| Genere                    | Maschio                | 18        | 3,3     | 20        | 3,6     |
|                           | Femmina                | 12        | 2,2     | 4         | 0,7     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |
| Approfondimento personale | No                     | 27        | 4,9     | 21        | 3,8     |
|                           | Sì                     | 3         | 0,5     | 3         | 0,5     |
|                           | Totale                 | 30        | 5,4     | 24        | 4,3     |

I ragazzi del GC che dopo il pretest hanno le migliori competenze in tema di radioattività sono maschi, di Viterbo, frequentano il triennio del liceo, possiedono un medio capitale culturale familiare e non approfondiscono personalmente l'argomento dopo il pretest. Con la seconda rilevazione si delinea un altro profilo di studente con le competenze più avanzate molto simile: di sesso maschile, frequenta il triennio del liceo, possiede un medio capitale culturale, non approfondisce il tema autonomamente e proviene dalle città di Frosinone e di Viterbo. La categoria che, nonostante non costituisca l'esempio tipico di migliori abilità, presenta il miglioramento più spiccato è quella degli studenti del biennio.

### 7.1 Introduzione

La complessità della ricerca sociale è rappresentata dalla *multidimensionalità* dei fenomeni oggetto di studio. L'«esistenza di una realtà multipla, gerarchicamente strutturata» (Fasanella, 2010, p. 5) rende la sua conoscenza, attraverso la ricerca empirica, debole, e quindi anche malleabile e influenzabile, soggetta a continue modifiche, indeterminata, parziale, delimitata spazialmente e temporalmente. Il *carattere relativo della ricerca* si palesa nell'inesistenza di criteri unici o regole fisse per condurre le analisi, quindi ogni ricercatore si muove in base alle precedenti conoscenze, alla creatività, agli interessi, alle risorse disponibili. Adottare un approccio anziché un altro, utilizzare una tecnica piuttosto che un'altra, privilegiare determinate finalità precludendo il raggiungimento di altre, fa sì che il risultato di un oggetto sia circoscritto all'interno delle selezioni e delle scelte effettuate. La multidimensionalità degli oggetti di analisi non costituisce tuttavia un alibi di inconoscibilità ma si tratta di una valutazione certamente relativa al sistema di riferimento e ai parametri adottati<sup>56</sup>. I metodologi sociali fanno notare come non vi sia mai una relazione univoca e automatica tra interrogativo di ricerca, metodo e tecniche da adottare (cfr. Corbetta, 1999; Gasperoni e Marradi, 1997). A fronte di una realtà intrinsecamente complessa, il quadro conoscitivo che ne deriva può mostrare una situazione di volta in volta differentemente connotata, mai omogeneamente appiattita entro un'unica e predominante chiave di interpretazione.

Al fine di impedire, o meglio contenere, la parzialità e l'incompletezza della conoscenza che permette di cogliere solo una «sezione finita» della molteplicità degli aspetti del sociale, è possibile avvalersi di strategie che integrino le differenti, e non alternative, prospettive che compongono i complessi oggetti delle ricerche sociali e comportamentali. In questo senso si fa riferimento alla *triangolazione*, uno specifico approccio che consente di conoscere le molteplici sfaccettature dei fenomeni indagati attraverso l'unione e la sovrapposizione di metodologie, prospettive, fonti, studiosi, ecc. L'intersezione di differenti approcci porta a una composita unitarietà dei risultati: si ha, cioè, un quadro che assume tonalità e aspetti differenti, ovvero i dati

---

<sup>56</sup> Al di là della convenzionalità, la ricerca sociale auspica allo *status* di scienza e questo carattere di scientificità viene garantito dalla esplicitazione dei processi logici e concettuali, dei metodi, delle tecniche e degli strumenti più adeguati per conseguire un determinato obiettivo conoscitivo. Questo *procedere scientifico* consente di rendere pubblici – e quindi ripetibili e controllabili – i risultati, sottoposti ai controlli di validità e attendibilità (cfr. Campelli, 1999).

saranno capaci di diversa informatività, a seconda delle differenti prospettive, che vengono inquadrate in una totalità organica.

## 7.2 La triangolazione: origine e definizione del termine

La *triangolazione*, termine preso a prestito dalla geodetica<sup>57</sup>, nel suo significato originale, rappresenta la procedura seguita per stabilire esattamente la posizione dei vari punti sulla superficie terrestre. Usando la semplice geometria, si determina un punto A, non accessibile, tramite la distanza nota tra i punti B e C, che fanno da base all'ipotetico triangolo ABC e, attraverso gli angoli conosciuti del triangolo, è possibile risalire con precisione al punto A. Quindi, con triangolazione si fa riferimento all'*uso combinato di informazioni ricavate da diverse procedure di misurazione che consentono di conoscere un punto non conoscibile direttamente*.

Tale metodologia, intesa come l'utilizzo di più punti di riferimento, consente una maggiore precisione nel processo di rilevazione di qualsiasi oggetto di analisi: con l'impiego di un solo punto di vista è probabile, anzi certa, l'impossibilità di una visione a trecentosessanta gradi; al contrario, l'utilizzo di quante più informazioni possibili permette di avvicinarsi il più possibile all'oggetto nella sua reale multidimensionalità.

Dall'interpretazione di questo criterio si rintracciano nella ricerca sociale quattro diversi significati attribuiti al concetto:

1. la prima definizione è riconducibile al *realismo ingenuo*, che prende quasi alla lettera tale procedimento, intendendo la triangolazione come meccanismo che individua il vero stato di un tratto o atteggiamento non rilevabile direttamente attraverso la combinazione di almeno due procedure di rilevazione;
2. una seconda versione è rintracciabile nell'ottica del *realismo critico*, secondo la quale la triangolazione è vista come un approccio che mediante l'utilizzo di più tecniche raggiunge una valutazione dell'oggetto di studio indipendente dalle tecniche stesse;
3. la terza accezione può essere definita *triangolazione "riflessiva"*, ed è concepita come uso congiunto di più tecniche attraverso le quali svelare i limiti di ciascuna di esse e integrare il materiale empirico, parziale, che ciascuna procedura ha realizzato;

---

<sup>57</sup> La geodesia è la scienza che studia la forma e le dimensioni della Terra.

4. un'ultima forma di triangolazione, che riflette il *pensiero post-moderno*, è utilizzata nella rappresentazione finale dell'oggetto di studio, ricorrendo a diverse forme espressive, al fine di evidenziare la multidimensionalità dello stesso (cfr. Cardano, 2003).

La triangolazione, intesa come *intreccio tra più livelli di materiali, strumenti e analisi* determina un quadro molteplice ed eterogeneo, le cui componenti avranno una propria forza informativa, autonoma e insieme capace di contribuire alla definizione globale del complesso degli oggetti indagati.

### 7.3 La sistematizzazione e gli sviluppi della triangolazione nella ricerca sociale

L'importazione di questa strategia di miglioramento nella ricerca sociale ha assunto una connotazione nei termini di maggior precisione e accuratezza nella conoscenza della complessità sociale.

Gli studi e le riflessioni sull'importanza di tale procedura hanno portato alla proliferazione di espressioni accostate e/o sovrapposte alla triangolazione. A tale proposito, *Stacey* nel 1969 parla di '*mixed strategies*', *Douglas* nel 1976 di '*micro-macro link*' e '*mixed-methods approach*', mentre *Burgess* nel 1984 di '*multiple strategies*' (cfr. Parra Saiani, 2004).

Il primo vero tentativo di sistematizzazione della triangolazione può essere attribuito a *Denzin*, che nel 1970 pubblica *The Research Act. A Theoretical Introduction to Sociological Methods*, nel quale presenta quattro tipi di triangolazione (cfr. Denzin, 1970; Parra Saiani, 2005):

1. la *triangolazione delle fonti*<sup>58</sup> (*data triangulation*), che riguarda l'impiego di varie fonti di dati. Questo rimanda necessariamente alla multidimensionalità di qualsiasi manifestazione sociale che può essere indagata attraverso le due principali forme: oggettivo-descrittiva e soggettivo-percettiva;
2. la *triangolazione dei ricercatori* (*investigator triangulation*), che impiega più osservatori. Nessuna osservazione è indipendente dalla soggettività, quindi, coinvolgere più ricercatori in una stessa ricerca apre contesti di interazione che possono portare ad un quadro più globale ed esauriente del fenomeno. Ogni scienziato è portatore della propria cultura,

---

<sup>58</sup> Denzin individua ulteriori sottotipi della triangolazione delle fonti: 1)in base al tempo; 2)in base allo spazio; 3)in base agli aggregati sociali (singoli individui, piccoli gruppi, comunità o società) (cfr. Denzin, 1970).

della propria creatività, delle proprie esperienze di ricerca, e ciascuno a suo modo può dare un contributo al fine di allargare la visione parziale delle analisi in presenza di un solo ricercatore;

3. la *triangolazione delle teorie (theory triangulation)*, che consente l'utilizzo di diverse prospettive teoriche. Si fa riferimento a questa forma quando si hanno a disposizione più prospettive teoriche per rappresentare il fenomeno oggetto di studio e si vuole rintracciare quella che meglio sia in grado di spiegarlo. La triangolazione delle teorie ha bisogno di essere sostenuta da un esplicito obiettivo a priori e per questo difficilmente viene realizzata. Nella fase di interpretazione dei dati, appare una risorsa molto importante che rende possibile aprire al ricercatore percorsi innovativi di riflessione e analisi sui risultati di ricerca;
4. la *triangolazione delle tecniche (methodological triangulation)*, che utilizza molteplici strumenti. In particolare, relativamente agli strumenti di raccolta dei dati si può rintracciare la triangolazione *entro la tecnica (within method triangulation)*, quando il ricercatore adotta una tecnica ed impiega diverse varianti per esaminare i dati, e la triangolazione *tra le tecniche (between or across-method triangulation)*, quando uno stesso oggetto viene misurato ricorrendo a tecniche differenti. Questo secondo tipo è considerato superiore al primo poiché ogni strumento metterà in luce sullo stesso fenomeno aspetti diversi, ma parimenti esistenti, e quindi ottenere un quadro più globale, completo, e quindi più valido.

Ci si avvale di tale strategia quando si intende studiare un determinato oggetto di analisi attraverso l'uso congiunto di fonti, ricercatori, teorie, e tecniche, al fine di rendere valide e attendibili le osservazioni effettuate. Nello stesso senso, se un risultato è confermato da più fonti, osservatori, prospettive teoriche e strumenti, aumenta la certezza circa la validità della sua interpretazione e l'attendibilità dei risultati.

Janesick nel 1994 riprende la quadripartizione di Denzin aggiungendo una quinta forma, la *triangolazione interdisciplinare* che consiste nell'impiego del contributo di fonti, dati e teorie di altre discipline (cfr. Areni, Sensales, 2006).

Per Harvey e MacDonald la realtà è conoscibile obiettivamente attraverso un mix di prospettive, dati e strumenti migliori che sta al ricercatore trovare. I due autori nel 1993 fanno riferimento a tre tipi di triangolazione:

1. un ricercatore che usa due o più tecniche di ricerca;

2. due o più ricercatori che usano la stessa tecnica di ricerca;
3. due o più ricercatori che usano due o più tecniche (cfr. Trobia, 2005).

Al di là delle distinzioni formali, nella ricerca sociale il processo triangolare è prevalentemente inteso come *combinazione di più tecniche* al fine di rendere più “reale” la conoscenza di un fenomeno sociale. Si propone una precisazione all’interno di questa visione che porta a distinguere la *triangolazione degli strumenti di raccolta* dalla *triangolazione delle tecniche di analisi dei dati* e nel presente lavoro si farà riferimento alla seconda forma.

#### **7.4 La triangolazione delle tecniche di analisi dei dati**

Si è deciso di operare l’elaborazione dei dati empirici in un’ottica di *triangolazione delle tecniche di analisi*. La logica che sorregge tale impostazione è che nessuna tecnica di analisi presa isolatamente può affrontare adeguatamente un fenomeno complesso ed esaurire ciò che può emergere dai dati raccolti. *Anziché considerare le diverse tecniche delle rivali incompatibili, ci si può giovare del loro uso congiunto.* Con strumenti diversi ma non in conflitto si possono perseguire gli stessi obiettivi, basta esplicitarne le possibilità. Pertanto vengono messi in relazione dati ottenuti mediante un’unica procedura di raccolta del materiale empirico, ossia il questionario standardizzato, e analizzati attraverso chiavi di lettura differenti ma coerenti. Impiegando un solo strumento di analisi è possibile che parte del risultato sia compromesso dallo strumento. Alcune tecniche presentano caratteristiche che per costruzione limitano le potenzialità dei dati raccolti, altre che esaltano certi aspetti mettendone in ombra altri. Tra gli strumenti utilizzati nel presente lavoro il coefficiente di cogradauzione impone il suo utilizzo su variabili ordinali, l’analisi della varianza esige che il fattore sia di natura categoriale oltre che la soddisfazione di una serie di requisiti legati all’andamento della distribuzione dei dati (indipendenza delle osservazioni, normalità e omoschedasticità della distribuzione), pena la scarsa attendibilità dei risultati; il T test chiede il rispetto di alcuni parametri (variabile a scala ad intervalli, normalità e omoschedasticità della distribuzione), il coefficiente di *Wilcoxon*, meno vincolante del precedente, funziona con popolazioni con distribuzione simmetrica, anche se non necessariamente normale, il test di *McNemar*, valido per variabili dicotomiche, impone il suo utilizzo non sugli indici sintetici ma sulle variabili disaggregate; il modello di *Rasch* è stato applicato attraverso un software che ha limitato l’analisi ad un campione non superiore alle 600 unità, l’analisi *multiway*, basata su ripetute applicazioni di analisi fattoriale, richiede che tra le variabili esistano correlazioni né troppo basse,

né troppo alte<sup>59</sup>. *Ciascun vincolo imposto da ogni tecnica non rende il risultato indipendente dalle sue condizioni. Il dato raccolto è diversamente informativo in base allo strumento utilizzato* in quanto ciascuno mette in luce solo determinati aspetti dando una visione parziale del risultato sezionando la sua poliedricità. Quando una certa conclusione è viziata dall'utilizzo di una data tecnica si pone un problema di *validità statistica*. La triangolazione delle tecniche di analisi costituisce una soluzione a tale minaccia. *Se un dato esito è confermato e corroborato da più tecniche, l'incertezza della sua interpretazione viene progressivamente eliminata*. Le conclusioni sottoposte ad una strategia di triangolazione non solo consentiranno di accrescere la conoscenza dell'oggetto di studio fornendo un quadro più esaustivo, ma saranno anche più affidabili.

### 7.5 La “stabilità del cambiamento cognitivo”

Finora si è parlato di cambiamento come discontinuità tra due strutture di invarianza e, in antitesi ad esso, di stabilità come assenza di tale discontinuità. Uno degli interessi del presente lavoro è studiare il cambiamento cognitivo e capire, laddove esiste, in quali categorie si manifesta; non solo, ma attraverso un utilizzo triangolato di più tecniche di analisi, *capire se il cambiamento si verifica al di là dello strumento utilizzato*. Controllare se il mutamento si manifesta sempre nelle stesse forme e direzioni significa assicurare dati dotati di validità statistica ed ottenere risultati convergenti. La *triangolazione consente di indagare la robustezza dei risultati* e quindi nella presente analisi, utilizzando un gioco di parole, la “*stabilità del cambiamento cognitivo*”.

Tirando le somme del presente lavoro, si espone di seguito una sintesi dei principali risultati in base ai diversi strumenti utilizzati. Il rischio di ridondanza va letto nei termini di conferma degli esiti sperimentali nella direzione della robustezza e della stabilità degli stessi.

Attraverso le *tabelle doppie* si distinguono i casi di cambiamento cognitivo – nell'ottica del miglioramento e del peggioramento – dai casi di stabilità – sugli alti e sui bassi punteggi. *Il GS migliora in proporzioni maggiori rispetto al GC*, mentre il peggioramento è una prerogativa più tipica del GC. Per quanto concerne la stabilità sugli alti punteggi, è maggiore nel GS la percentuale

---

<sup>59</sup> L'entità delle correlazioni è un prerequisito indispensabile affinché l'analisi fattoriale che è alla base della *Multiway* fornisca risultati soddisfacenti. Tra le variabili devono esistere delle *correlazioni apprezzabili*. Se, infatti, fra tutte le variabili considerate ci fossero correlazioni molto modeste (tendenti a zero) si avrebbe che ognuna di esse varierebbe in modo indipendente da qualsiasi altra, e quindi non sarebbe possibile operare alcuna sintesi. Nel caso opposto, se tra le variabili riscontrassimo correlazioni altissime, (tendenti ad 1) avremmo raccolto degli indicatori molto ridondanti, e anche in questo caso l'utilizzo della tecnica non sarebbe conveniente (cfr. Fraire, 1994; Di Franco, 2001).

di coloro che, avendo al pretest una conoscenza corretta di alcuni aspetti della radioattività, tendono a confermarla al postest, mentre il GC presenta una immobilità sulle risposte sbagliate più evidente del GS.

Con l'*indice di cambiamento cognitivo per somma* si evidenzia che il *miglioramento cognitivo* è *attribuito maggiormente al GS*, mentre, quasi specularmente, il contrario si verifica nel GC con il passaggio dalle risposte corrette a quelle sbagliate manifestando una regressione cognitiva.

L'*indice sintetico a T1 e a T2* presenta in generale *una performance migliore nel GS*; in particolare, la categoria dei meno competenti registra un incremento più marcato all'interno del GS. Effettuando un confronto tra più abili e meno abili nel GS si specifica che i primi esibiscono un incremento cognitivo più lieve rispetto ai secondi. La stessa relazione all'interno del GC fa emergere che mentre gli studenti che di base hanno un bagaglio più ricco di cognizioni sul tema mostrano un debole incremento, più basso rispetto agli appartenenti al GS, i meno competenti del gruppo di controllo presentano un peggioramento.

L'*indice cograduazione* indica che in entrambi i gruppi si assiste ad una *cograduazione medio-alta* tra i punteggi al pretest e al postest, tuttavia il GS presenta un valore più basso rispetto a quello del GC e ciò significa che *i ragazzi del primo gruppo tendono a cambiare nella seconda rilevazione la propria posizione lungo la graduatoria in maniera più marcata rispetto al GC che invece risulta caratterizzato da una maggiore stabilità di punteggi*. Attraverso questa analisi si dimostra come il cambiamento cognitivo sia una caratteristica maggiormente tipica del GS che, *ceteris paribus*, può essere imputato alla principale differenza rispetto al GC, ossia alla presenza di un intervento formativo che stimola il primo gruppo al cambiamento in generale, e in particolare al miglioramento delle conoscenze in tema di radioattività.

Con l'*indice per differenza* emerge che *il cambiamento cognitivo si manifesta nel GS in maniera più evidente nella dimensione del miglioramento* rispetto a quella del peggioramento; diversa è la situazione per il GC nel quale la percentuale dei peggiorati è più alta rispetto a quella dei migliorati anche se con un divario più ridotto rispetto al GS.

Nell'*indice temporale* quasi la metà del GS *esibisce un comportamento di mutamento cognitivo passando dalla risposta sbagliata a quella corretta*. Il GC descrive un andamento diverso: le percentuali più elevate caratterizzano lo spostamento dalle risposte corrette a quelle sbagliate mentre una quota minoritaria migliora le conoscenze.

Tutti gli *indici di miglioramento cognitivo* sono coerenti nell'esibire una netta differenza tra i due gruppi con *un valore di successo più elevato per il GS*.

I risultati dell'*indice tipologico di cambiamento cognitivo* confermano le analisi precedenti e arricchiscono ulteriormente le interpretazioni: emerge che il cambiamento nella direzione del *miglioramento attiene maggiormente al GS* mentre il peggioramento è tipico del GC; l'assenza di mutamento nella forma di stabilità caratterizza entrambi i gruppi, anche se andando ad indagare nel dettaglio, il GS tende a mantenersi costante sulle risposte corrette, mentre il GC su quelle sbagliate.

Attraverso il modello di *Analisi della varianza a una via* si esamina se le differenze riscontrate tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo sia in fase di pretest sia in fase di posttest sono statisticamente significative. Considerando il fattore "*appartenenza al gruppo*" si è considerato in una applicazione il livello di conoscenze sul tema *prima* dell'esposizione allo stimolo nell'ipotesi che la suddivisione del campione nei due gruppi non produca alcuna differenza tra gli stessi per il fatto di essere stata effettuata in maniera casuale, e in un secondo caso il livello di conoscenze sul tema *dopo* tale esposizione attendendo differenze statisticamente significative tra i gruppi interpretabili come effetto dell'intervento sperimentale. In entrambi i casi *le analisi hanno confermato le ipotesi* e dunque nel primo caso non si è riscontrata una differenza tra le popolazioni di riferimento quindi il fattore non ha prodotto un effetto di discriminazione tra i due gruppi, nel secondo caso emerge che la variazione dovuta all'appartenenza ai gruppi sperimentale e di controllo – e quindi il fatto di aver ricevuto o meno il trattamento – produce una discriminazione tra GS e GC. Il valore aggiunto dell'anova consiste nel rendere statisticamente significativa la differenza riscontrata anche nelle distribuzioni doppie e nella costruzione degli indici sintetici di cambiamento cognitivo.

Mediante l'utilizzo di *tabelle multiple* si approfondisce la relazione tra l'appartenenza al gruppo e l'esito in termini di cambiamento delle conoscenze in tema di radiazioni poiché l'analisi dei risultati viene *stratificata in base alle variabili di contesto e di meccanismo* ipotizzate teoricamente rilevanti. Si prendono in considerazione alcuni indici sintetici: l'indice di cambiamento cognitivo per somma, l'indice tipologico di cambiamento cognitivo e i tre indici di miglioramento cognitivo.

In relazione alla *sede di selezione delle scuole* la prima misura evidenzia che *l'incremento più evidente delle conoscenze nel GS si registra a Frosinone, seguita da Roma*, mentre *la regressione più elevata si riscontra nel GC di Viterbo*. Stesso risultato viene confermato dall'indice tipologico, anche se quest'ultimo consente di caratterizzare ulteriormente i risultati: se si tratta di forte miglioramento allora i GS di Frosinone e Roma rappresentano i luoghi in cui avviene l'incremento, ma il GS di *Latina esibisce le percentuali più alte di debole miglioramento* nell'area degli alti

punteggi. Tale risultato conduce la città in prima posizione nei tre indici di miglioramento cognitivo.

In base al *tipo di scuola* l'indice di cambiamento cognitivo per somma rileva *il successo più evidente nei licei*, in particolare in quelli inclusi nel GS; tuttavia l'indice tipologico mette in risalto aspetti non direttamente visibili con il primo strumento: infatti i licei si caratterizzano anche per una elevata stabilità sugli alti punteggi, a significare una buona *performance* già nella prima rilevazione che viene confermata al postest e probabilmente legata ad un *background* cognitivo superiore. *Gli istituti professionali* sono i tipi di scuola che manifestano percentuali elevate sia nei forti miglioramenti sia nei forti peggioramenti; in particolare i forti miglioramenti del GS contrastano con ciò che accade nel GC, a dimostrazione del fatto che *l'intervento sperimentale mostra tutta la sua efficacia*. Anche *gli istituti tecnici*, seppur con percentuali più basse rispetto ai professionali, presentano una buona risposta alla lezione formativa.

Relativamente al *percorso formativo*, indipendentemente dall'appartenenza al gruppo, *migliorano di più i ragazzi che frequentano il triennio finale*, in media anagraficamente più grandi, rispetto agli studenti del biennio; in ottica di confronto tra GS e GC emerge che il primo genera un incremento cognitivo più marcato del secondo tra gli studenti degli ultimi tre anni. Questo risultato viene ribadito con l'indice tipologico in cui si dimostra che l'intervento sperimentale ha avuto maggior successo nei ragazzi più grandi, registrando una quota maggiore di casi di forte miglioramento. I dati relativi alla stabilità sugli alti punteggi dimostra che il triennio, di base più preparato, mantiene, grazie al doppio stimolo di pretest più lezione formativa, una *performance* migliore. Non solo, ma dal punto di vista del gap esistente tra i due sottocampioni, i tre indici di miglioramento cognitivo confermano che gli scarti più significativi tra GS e GC sono imputati al triennio e questo indica che lo stimolo formativo ha attecchito maggiormente sui ragazzi anagraficamente più grandi.

Secondo il *capitale culturale*, l'indice di cambiamento cognitivo per somma mostra che chi possiede un *capitale alto*, indipendentemente dall'appartenenza al gruppo, *migliora di più* rispetto ad una dotazione culturale di partenza bassa. Tuttavia l'appartenenza al gruppo si manifesta in maniera più marcata in coloro che possiedono un *capitale culturale medio in cui lo scarto tra incrementi e regressioni è più evidente*. Le sfumature che l'indice tipologico riesce a cogliere rispetto al precedente permettono di definire meglio la situazione: chi detiene un medio capitale culturale, che nel GS rappresenta la categoria che manifesta il miglioramento più marcato, registra un forte peggioramento verso i bassi punteggi nel GC; chi ha un capitale culturale alto e fa parte del GS è stabile sugli alti punteggi a dimostrare che l'intervento sperimentale aiuta a mantenere

elevate le performance, mentre laddove non viene effettuato si registra una regressione; chi ha un *background* familiare basso oltre a mantenersi stabile sui bassi punteggi mostra anche una buona percentuale nell'area del forte miglioramento. I tre indici di miglioramento cognitivo confermano le analisi precedenti.

Anche il *genere* è un fattore di contesto che incide nella relazione tra l'appartenenza al gruppo (sperimentale e di controllo) e l'esito in termini di cambiamento delle conoscenze sulla radioattività. Dall'indice di cambiamento cognitivo per somma si evince che *nel GS risultano migliori le studentesse, mentre nel GC accade esattamente il contrario con un incremento cognitivo più marcato negli studenti*. Il sesso femminile presenta il gap più evidente e ciò consente di concludere che laddove c'è un intervento formativo le ragazze sono capaci di apprendere e migliorano più dei maschi, quando invece tale lezione non si verifica il genere maschile ottiene risultati migliori in termini di incremento delle conoscenze. Le altre misure sono concordi nell'asserire che le studentesse danno i migliori risultati se ricevono una lezione formativa, altrimenti risultano più preparati i maschi, confermando le principali teorie dell'apprendimento in base alle quali il genere femminile tende ad acquisire conoscenze in quantità e qualità maggiori, mentre il genere maschile è maggiormente predisposto verso tematiche tecnico-scientifiche come quella oggetto di indagine.

Alla luce delle relazioni indagate si desume che i *fattori di contesto specificano* ulteriormente laddove il trattamento sperimentale risulta aver attecchito in maniera più forte. Tuttavia *tale specificazione non inficia la relazione tra lo stimolo e l'esito* in quanto si dimostra che il *legame tra X e Y tende a mantenersi sempre*. Al di là dei particolari sottogruppi di volta in volta creati la differenza tra GS e GC emerge sempre nella direzione di un miglioramento più marcato del primo.

Considerando infine la variabile di meccanismo dell'*approfondimento personale*, emerge che all'interno del GS chi approfondisce aumenta le proprie conoscenze di più rispetto a chi non si informa, dimostrando che *chi decide di indagare l'argomento anche autonomamente, amplifica l'effetto della lezione*. Nel GC accade che chi non si informa sul tema peggiora fortemente la propria *performance* nella seconda rilevazione, mentre chi si informa contiene la regressione cognitiva. L'indice tipologico dimostra che la stabilità sugli alti punteggi risulta prerogativa di chi indaga per proprio conto il tema in questione determinando una significativa differenza rispetto a chi non lo fa. Gli indici di miglioramento cognitivo permettono di tirare le somme della relazione esistente dichiarando che l'approfondimento personale rappresenta un amplificatore dell'efficacia della campagna informativa e in assenza di essa un contenimento dei peggioramenti. In definitiva,

l'inserimento di terze variabili tra X e Y ha dunque permesso di avvalorare l'efficacia dell'esperimento.

I risultati emersi dall'analisi delle tabelle multiple vengono messi alla prova attraverso i modelli di *Analisi della varianza fattoriale* con l'obiettivo di esaminare se le differenze tra i vari gruppi emersi dalla stratificazione in base all'appartenenza al gruppo e alle variabili di contesto e di meccanismo sono statisticamente significative o meno. Le diverse applicazioni di Anova fattoriale prendono in considerazione accanto al fattore di appartenenza al gruppo un secondo fattore rappresentato di volta in volta da una variabile di contesto o di meccanismo. In particolare è emerso che sono statisticamente significative le differenze riscontrate nelle distribuzioni multiple con le variabili città, tipo di scuola, percorso formativo, genere e relative interazioni con l'appartenenza al gruppo. Statisticamente significative sono anche le differenze tra i gruppi determinati dalla suddivisione in base ai fattori di contesto del capitale culturale e di meccanismo dell'approfondimento personale. Il modello di anova fattoriale permette anche di indagare con i confronti *post hoc* i gruppi che presentano profili differenti, ossia che provengono da popolazioni statisticamente differenti. Per quanto riguarda le sedi di selezione delle scuole, Frosinone e Latina presentano differenze significative; secondo il tipo di scuola l'istituto professionale presenta un profilo differente rispetto ai licei e agli istituti tecnici; infine, coloro che hanno un basso capitale culturale presentano un profilo a se stante e si distinguono da coloro che hanno un capitale medio o alto.

Attraverso i *test parametrici e non parametrici* per campioni appaiati si è deciso di misurare il livello delle conoscenze su ciascun gruppo nei due intervalli temporali ed effettuare un confronto sia considerando i singoli item del test di competenza, sia la sintesi in un unico indice. Con il *T test* si mettono a confronto gli indici additivi del test competenza al pretest e al posttest dal quale emerge che i gruppi inizialmente sono equivalenti e partono da punteggi simili, ma mentre il GS aumenta le proprie conoscenze, il GC registra una riduzione dei punteggi. Il *Test non parametrico di Wilcoxon* conferma le analisi precedenti sugli indici additivi al test competenza a T1 e a T2 dal quale risulta significativa la differenza riscontrata in ciascun gruppo tra la prima e la seconda rilevazione. I ragazzi dell'intero campione alla seconda rilevazione mutano le proprie conoscenze anche se con un'intensità diversa, maggiore quella del GS, probabilmente dovuta alla formula del doppio stimolo pretest più intervento formativo. Il *test non parametrico di McNemar* lavora sui singoli item e da questa analisi più puntale emerge nel dettaglio quali sono i quesiti sui quali ciascun gruppo riscontra una differenza statisticamente significativa tra pretest e posttest.

Applicando la *Multiway analysis* emerge con l'analisi dell'*interstruttura* che il GS presenta un valore di distanza globale più elevato rispetto al GC e ciò indica una *maggiore distanza* tra i

punteggi di pretest e postest per chi ha ricevuto l'intervento sperimentale, ossia un maggiore cambiamento cognitivo. Coerentemente con i risultati emersi nelle analisi precedenti, *chi è stato esposto anche alla campagna informativa esibisce un mutamento maggiore rispetto a chi effettua solo il pretest. L'analisi dell'intrastruttura* permette di verificare in quali categorie di popolazione la presenza dell'intervento formativo è risultata più efficace: nelle femmine, nel triennio, in coloro che approfondiscono autonomamente il tema, a Latina e Frosinone. I risultati relativi al tipo di scuola sono coerenti in particolare con l'indice tipologico di cambiamento cognitivo nel dimostrare che negli istituti professionali e tecnici l'intervento formativo sembra aver attecchito in misura più evidente rispetto al liceo. Nel gruppo di controllo il miglioramento, determinato unicamente la pretest, è attribuito in particolare ai ragazzi in media più grandi che frequentano gli istituti professionale e tecnico, caratterizzati da un elevato *background* familiare e che approfondiscono personalmente il tema. Per quanto riguarda *l'individuazione di cluster*, sia nel GS che nel GC emergono due profili definiti in termini di *soggetti attivi e soggetti passivi nei confronti dell'apprendimento*. Nel GS i primi sono studenti che frequentano il triennio degli istituti tecnici e professionali, si interessano di politica, hanno dichiarato di approfondire autonomamente il tema della radioattività nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione, possiedono un capitale culturale alto e basso, nonostante ritengano l'ambiente non tra le principali urgenze del pianeta adottano comunque comportamenti eco-compatibili, fanno parte di associazioni, a scuola hanno affrontato il tema in questione nell'ultimo anno; anche nel GC sono studenti che si interessano di politica, hanno affrontato a scuola il tema della radioattività nel corso dell'anno e lo hanno approfondito personalmente dopo la prima rilevazione, hanno a cuore l'ambiente e mettono in atto dei comportamenti a favore, pur non ritenendolo un problema imminente, partecipano ad associazioni, possiedono un capitale culturale alto e basso, frequentano gli istituti tecnici e professionali. L'altra categoria, speculare alla precedente anche se meno clusterizzata, comprende i soggetti passivi nei confronti dell'apprendimento. Questo profilo nel GS è costituito da studenti del biennio, con un capitale culturale medio, prevalentemente maschi, che non hanno approfondito in maniera autonoma il tema dopo il pretest, non partecipano ad associazioni, non sono interessati alla politica, non hanno affrontato il tema a scuola negli ultimi 12 mesi, non adottano comportamenti a favore dell'ambiente per quanto lo ritengano un problema imminente. Nel GC si tratta di soggetti che frequentano prevalentemente il liceo, hanno un medio capitale culturale, dichiarano di non aver approfondito il tema della radioattività nei 15 giorni successivi alla prima rilevazione, non hanno affrontato a scuola l'argomento nel corso dell'anno, non partecipano ad associazioni, non si interessano di politica e hanno un atteggiamento disfattista in quanto pur ritenendo l'ambiente un problema urgente non fanno propri i comportamenti a favore.

Con il *modello dicotomico di Rasch* si stimano le abilità dei soggetti. Lo stimolo del pretest e dell'intervento formativo fa sì che gli studenti del GS in generale migliorino nel tempo le proprie conoscenze in tema di radiazioni; più in particolare l'incremento è evidente sui bassi punteggi. Coloro che hanno effettuato solo la prima rilevazione esibiscono in generale una regressione cognitiva, ma sui bassi punteggi si registra un miglioramento, seppur con un'intensità minore rispetto al gruppo sperimentale.

In conclusione: tutte le analisi evidenziano che, *pur partendo da livelli di conoscenza simili, il gruppo sperimentale e il gruppo di controllo hanno esiti cognitivi differenti*, grandemente imputabili al fattore dell'intervento formativo presente nel GS e assente nel GC. Inoltre, ipotizzando la presenza di fattori di contesto e di meccanismo che interagiscono con il trattamento sperimentale, la relazione con l'esito si specifica attraverso l'individuazione di particolari target in cui lo stimolo risulta più o meno efficace.

Un'ultima considerazione: attraverso tale lavoro si è arrivati a superare la definizione tradizionale di triangolazione che, per quanto espliciti e cerchi di cogliere la molteplicità dell'oggetto di studio, resta schiacciata nella nozione bidimensionale di triangolo. Si suggerisce l'immagine di un *cristallo* che esprime, in maniera più verosimile, la poliedricità e la dinamicità degli aspetti di cui si compone il concetto. «I cristalli crescono, cambiano, si alterano, non sono amorfi (*amorphous*), ma prismi che riflettono l'esterno ed all'interno di loro stessi, creando diversi colori, disegni e modelli, riflettendo la luce in diverse direzioni» (Parra Saiani, 2004, p. 35). La *cristallizzazione* prodotta dall'uso congiunto di più tecniche di analisi ha permesso nel concetto di cambiamento cognitivo di cogliere più sfumature e pervenire ad un quadro più completo oltre che ottenere risultati più affidabili.