



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

**SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA
Scienze e Biotecnologie
dei Sistemi Agrari e Forestali
e delle Produzioni Alimentari**



Produttività delle Piante Coltivate

Ciclo XXVI

**La raccolta delle olive da mensa mediante l'uso di una agevolatrice
elettrica innovativa**

dr. Riccardo Dau

*Direttore della Scuola
Referente di Indirizzo
Docente Guida*

prof.ssa Alba Pusino
prof.ssa Rosella Motzo
dott. Filippo Gambella

Anno accademico 2012- 2013

Abstract

The Sardinia region is presented in tenth place in the national olive sector with an area of 23.363 hectares planted with olive trees. Regional production of table olives, compared to the total collected production (table olives + olive oil), amounted to 11,27% (3.135 t against a national production of 27.800 t), against a national average of 2%. Unfortunately the low mechanization level penalizes the sector strongly. Manual harvesting of table olives is the most expensive phase of the entire production process and the introduction of an electric labor saving machine can significantly increase the productivity of this crop. The development of a new machine aims to change the method of collection and in that sense a new machine has been designed. The aims of this work were two. The first objective was to evaluate the parameters combinations of the machine used, evaluating the different coating materials (Silicone; Natural rubber; Vulcanized rubber), of three diameters of plastic material used for cover the teeth of the harvesting rack (7 mm, 14 mm, 19 mm) and three speed rotation (2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm), in terms of the realization of high percentage of fruit without injury, which is essential for use the transformation method called “Greek style”. The second objective was to determine and evaluate the Hand Arm Vibration (HAV) transmitted to the operator’s hand in order to assess guidelines for the safety use of the equipment.

Key words: table olives, portable olive shakers, rotary pick-up, fruit damage, HAV.

Riassunto

La regione Sardegna si presenta al decimo posto nel comparto olivicolo nazionale con una superficie olivata di 23.363 ha. La produzione regionale di olive da mensa, rispetto al totale della produzione olivicola raccolta (olive da mensa + oliva da olio), si attesta all'11,27% (3.135 t contro una produzione nazionale di 27.800 t) contro una media nazionale del 2%. Sfortunatamente il basso peso della meccanizzazione penalizza fortemente questo settore. La raccolta manuale delle olive da mensa rappresenta la fase più costosa di tutto il processo produttivo e l'introduzione di una macchina agevolatrice elettrica può aumentare significativamente la produttività di questa coltura. Lo sviluppo di una nuova macchina mira a cambiare le metodologie di raccolta ed in tal senso una nuova macchina è stata studiata. Gli scopi di questo lavoro sono due. Il primo obiettivo è stato quello di valutare le combinazioni operative della macchina utilizzata, valutando l'utilizzo di differenti materiali di rivestimento (Silicone, Gomma vulcanizzata e Caucciù), di tre diametri dei materiali plastici usati per rivestire i denti della testata di raccolta (7 mm, 14 mm e 19 mm) e tre velocità di rotazione (2000 rpm, 3000 rpm e 4000 rpm), in termini di realizzazione di un'elevata percentuale di frutti integri, indispensabile per la trasformazione con il metodo alla Greca al naturale. Il secondo obiettivo è stato quello di determinare e valutare le vibrazioni trasmesse alla mano dell'operatore in modo da valutarne la sicurezza di utilizzo.

Parole chiave: agevolatrice elettrica portatile, testata di raccolta rotante, olive da tavola, danno sui frutti, HAV.

Indice

1. INTRODUZIONE.	7
1.1. Le olive da mensa nel mondo.	7
1.2. Il mercato olivicolo in Italia e Sardegna.	8
2. RACCOLTA DALLA PIANTA.	13
2.1. Raccolta tradizionale a mano.	13
2.2. Metodi raccolta agevolata.	14
2.2.1. Macchine dotate di ganci oscillanti.	15
a. “Shake” di Carratù Leonardo.	15
b. Irimac.	15
c. Collina.	16
2.2.2. Macchine dotate di pettini bacchiatori.	16
a. Lisam.	16
b. Agromatic.	17
c. Campagnola.	17
d. Pettine pneumatico Olistar Evolution.	17
2.2.3. Raccoglitrice agevolata a batteria.	18
a. Oliviero Classic.	19
b. Oliviero Evolution.	19
c. Olivion.	20
d. Giulivo.	20
e. Guliver.	20
f. Pettine elettrico Oliwatt 2.	21
2.3. Scuotitrici al tronco.	21
2.4. Grandi macchine scuotitrici per la raccolta delle olive.	22
a. Colossus.	23
b. Vendemmiatrice Pellenc “Active 45602.	23
c. Gregoire G120 SW.	23
3. LA SICUREZZA DEGLI OPERATORI ED IL RISCHIO CONNESSO ALL’USO DELLE AGEVOLATRICI SULLA BASE DELLA NORMATIVA VIGENTE.	25
3.1. La Norma ISO 5349-1:2001 utilizzata.	25

3.2. Le Vibrazioni meccaniche: la misurazione e la valutazione dell'esposizione alle vibrazioni trasmesse alla mano durante le fasi di lavoro.	27
3.2.1. Campo di applicazione.	27
3.2.2. Termini, definizioni e simboli utilizzati dalla Norma ISO 5349-1:2001.	27
4. LA CARATTERIZZAZIONE DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE ALLA MANO.	28
4.1. Considerazioni generali.	28
4.2. Le apparecchiature di misura delle vibrazioni trasmesse alla mano.	28
4.2.1. Generalità.	28
4.2.2. Trasduttori delle vibrazioni.	28
4.2.3. Posizione e orientamento dei trasduttori.	28
4.2.4. Montaggio dei trasduttori.	29
4.2.5. Accoppiamento della mano alla sorgente delle vibrazioni.	29
4.2.6. Quantità da misurare.	30
4.2.7. Direzione delle vibrazioni.	30
5. LA CARATTERIZZAZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE ALLA MANO.	31
5.1. Generalità.	31
5.2. Durata dell'esposizione giornaliera.	31
6. SCOPO DEL LAVORO.	32
7. MATERIALI E METODI.	34
a. Generatore di corrente e tachimetro.	34
b. Campo sperimentale e varietà utilizzate.	35
7.1. Macchina agevolatrice.	36
7.1.1. Prima fase della prototipazione della nuova testata di raccolta (I° e II° anno).	36
a. Il pettine agevolatore modificato per la raccolta delle olive da mensa.	36
b. Materiali plastici di rivestimento delle onduline.	39
c. Piano sperimentale.	40
d. Determinazione dei parametri dimensionali.	40
e. Metodologia proposta per il rilevamento e per la classificazione del danno alle drupe.	42
f. Trasformazione olive e controllo parametri chimici.	43
g. Analisi Statistica.	43

7.1.2. Seconda fase della prototipazione della nuova testata di raccolta (III° anno).	44
a. Pettine di raccolta.	44
b. Piano sperimentale.	44
c. Valutazione forze di distacco.	45
d. Caratterizzazione meccanica delle drupe.	45
7.2. Misura vibrazioni del sistema mano-braccio (HAV, Hand Arm Vibration).	48
a. Misurazione delle vibrazioni.	48
b. La strumentazione di misura.	48
c. La posizione dell'accelerometro.	49
d. Limiti per l'esposizione alle vibrazioni e le formule utilizzate per il calcolo dell' A(8) (esposizione giornaliera).	49
e. Piano sperimentale.	50
f. Analisi statistica.	51
8. RISULTATI E DISCUSSIONE.	53
8.1. Prototipazione della nuova testata di raccolta.	53
8.1.1. Prima fase della sperimentazione (I° e II° anno).	53
a. Calibratura delle drupe raccolte.	53
b. Analisi forze di distacco dei frutti.	53
c. Danno da cassetta.	54
d. Danno da impatto.	58
e. Frutti intatti.	59
f. Analisi dell'interazione tra le tre variabili Spessore, Velocità e Materiale di rivestimento (SxV; SxM; VxM).	60
g. Prove trasformazione olive raccolte.	61
8.1.2. Seconda fase della sperimentazione (III° anno).	63
a. Analisi statistica percentuali di frutti integri raccolti con reti a terra.	63
b. Analisi statistica forze di distacco frutti.	64
c. Analisi statistica "Test compressione rottura 40-0650".	65
d. Analisi statistica "Test compressione carico imposto "40-0651".	66
8.2. La misura delle vibrazioni trasmesse al sistema mano – braccio (Hand Arm Vibration) HAV.	70
8.2.1. Prima fase della sperimentazione.	70

a.	Valori di accelerazione globale a vuoto prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove.	70
b.	Valori di accelerazione globale prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove su ligustro.	74
c.	Valori di accelerazione globale prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove su olivo.	77
8.2.2.	Seconda fase della sperimentazione.	79
a.	Analisi statistica delle vibrazioni trasmesse al segmento mano-braccio dall'agevolatrice elettrica.	79
9.	CONCLUSIONI.	81
10.	BIBLIOGRAFIA.	86
11.	RINGRAZIAMENTI.	92

1. INTRODUZIONE.

1.1. Le olive da mensa nel mondo.

La produzione mondiale di olive da tavola nel 2010 è stata di 2.088.000 tonnellate, tra i maggiori produttori abbiamo l'Europa con 678.000 tonnellate ed un valore percentuale del 32,47%, al secondo posto troviamo la Turchia con 390.000 t con il 18,68%, segue l'Egitto con 300.000 t ed il 14% della produzione, a seguire con percentuali decisamente inferiori troviamo la Siria con il 6,47%, il Marocco con il 5,27%, l'Algeria con il 4,31%, l'Argentina con il 3,59% ed infine gli Stati Uniti con circa il 2% (Tabella 1).

Tabella 1. Produzione mondiale olive da mensa (tonnellate). Agea – Unaprol – 2010.

Origine Produzione	Campagna 2009	Campagna 2010	Var. % 2009/2010	Quota % sul totale 2010
Europa	671.500,00	678.000,00	0,97	32,47
Stati Uniti	48.000,00	40.000,00	-16,67	1,92
Argentina	95.000,00	75.000,00	-21,05	3,59
Siria	120.000,00	135.000,00	12,50	6,47
Egitto	440.000,00	300.000,00	-31,82	14,37
Turchia	300.000,00	390.000,00	30,00	18,68
Marocco	100.000,00	110.000,00	10,00	5,27
Algeria	106.500,00	90.000,00	-15,49	4,31
Tot. Paesi produttori	1.881.000,00	1.818.000,00	-3,35	87,07
Altri Paesi	299.000,00	270.000,00	-9,70	12,93
Mondo	2.180.000,00	2.088.000,00	-4,22	100,00

In Europa, secondo dati del 2010, il maggiore produttore di olive da mensa è la Spagna con il 70,06% della produzione, seguono la Grecia con il 16,96% ed infine l'Italia con il 10,03% (Tabella 2).

Tabella 2. Produzione europea olive da mensa (tonnellate). Agea – Unaprol – 2010.

Origine Produzione	Campagna 2010 (t)	Percentuale sul totale 2010
Spagna	475.000	70,06
Grecia	115.000	16,96
Italia	68.000	10,03
Altri produttori	20.000	2,95
Tot. Paesi produttori	678.000	100,00

Dalle statistiche ufficiali risulta evidente come i maggiori paesi produttori siano localizzati sulle sponde del mediterraneo.

L'analisi dei consumi di olive da tavola mostra un livello di consumi pari a 2.150.000 tonnellate (Agea – Unaprol 2010). La Ue risulta essere l'area di maggiore consumo a livello mondiale, con una quota del 26%, seguita dalla Turchia con il 15%, L'Egitto con l'11% e gli Stati Uniti con il 9% (Tabella 3).

Tabella 3. Ripartizione % dei consumi mondiali di olive da tavola. Agea – Unaprol – 2010.

Paesi consumatori	Consumo % (2010)
Europa	26,56
Stati Uniti	9,30
Siria	5,35
Egitto	11,16
Turchia	14,88
Marocco	1,77
Algeria	4,42
Altri	26,56
Tot.	100

I principali paesi consumatori a livello comunitario sono la Spagna, al primo posto con il 30% sul totale. Seguono l'Italia con il 21%, la Germania e la Francia con il 9% (Tabella 4).

Tabella 4. Ripartizione % dei consumi europei di olive da tavola. Agea – Unaprol – 2010.

Paesi consumatori	Consumo % (2010)
Francia	8,92
Germania	9,10
Italia	21,33
Belgio	1,57
Spagna	30,59
Grecia	4,37
Regno Unito	5,24
Portogallo	2,10
Altri	16,78
Tot.	100

1.2. Il mercato olivicolo in Italia e in Sardegna.

L'olivicoltura italiana, con circa 1.157.836 ha di superficie olivata ed un numero di aziende pari a 1.194.536 ed una produzione raccolta di 3.168.283,6 t di olive di cui 3.092.628,1 t da olio e 75.696,4 t da tavola, rappresenta uno dei comparti più importanti nel panorama agricolo nazionale (**Istat 2011**) (Tabella 5). Per quanto riguarda la produzione di olive da tavola il quantitativo raccolto rappresenta un

valore di circa il 2% della produzione nazionale di olive, valore ben al di sotto della media europea dei Paesi produttori che si attesta al 3,8% e dimostra che l'Italia, pur essendo uno dei principali Paesi consumatori, attribuisce al settore delle olive da mensa un ruolo piuttosto marginale.

Tabella 5 . Superficie (ettari) e produzione (tonnellate): olivo, olive da tavola, olive da olio. Italia - Dettaglio per regione – Istat 2011.

Regioni	Olive		Olive da tavola	Olive da olio
	<i>Superficie Totale (ha)</i>	<i>Produzione raccolta (t)</i>	<i>Produzione raccolta (t)</i>	<i>Produzione raccolta (t)</i>
Piemonte	101,00	81,30	6,80	74,50
Valle d'Aosta	-	-	-	
Lombardia	2.412,00	4.519,90	-	4.519,90
Liguria	15.960,00	19.600,00	850,00	18.750,00
Trentino-Alto Adige	386,00	1.280,10	-	1.280,10
Veneto	5.062,00	7.774,80	32,80	7.773,00
Friuli-Venezia Giulia	111,00	204,10	20,60	183,50
Emilia-Romagna	3.657,00	5.403,50	-	5.403,50
Toscana	98.230,00	107.797,50	1.481,90	106.325,50
Umbria	27.847,00	40.290,90	6,00	40.284,90
Marche	9.900,00	28.352,00	882,00	27.470,00
Lazio	81.428,00	132.015,30	2.697,40	129.317,90
Abruzzo	43.973,00	128.402,50	1.407,50	126.995,00
Molise	13.165,00	36.750,00	277,20	36.472,80
Campania	72.189,00	246.136,70	1.415,30	244.721,40
Puglia	377.550,00	1.107.429,00	18.661,50	1.088.767,50
Basilicata	31.350,00	36.392,90	112,90	36.280,00
Calabria	186.713,00	924.042,80	13.650,60	910.392,20
Sicilia	164.439,00	314.010,30	31.059,10	282.951,20
Sardegna	23.363,00	27.800,00	3.134,80	24.665,20
ITALIA	1.157.836,00	3.168.283,60	75.696,40	3.092.628,10

Il 35% circa della produzione proviene da cultivar da mensa, la restante parte da cultivar a duplice attitudine la cui utilizzazione è estremamente variabile in dipendenza della domanda di mercato e dell'andamento stagionale. Il quadro produttivo nazionale vede il ruolo di Puglia e Sicilia quali principali aree di produzione di olive da mensa. La Sicilia si attesta su una quota del 41%, mentre la Puglia rappresenta circa il 24% della produzione nazionale.

Confrontando il numero di aziende e le relative superfici coltivate vi è da rilevare un dato importante: in Italia esiste una situazione strutturale di basso profilo, in quanto

le aziende olivicole presentano una superficie media molto ridotta, con un valore, a livello nazionale, inferiore ad 1 ettaro (Unaprol – Elaborazioni Istat-Agea 2012).

Per quanto riguarda il panorama regionale la Sardegna si presenta al decimo posto tra le regioni Italiane con una superficie olivata di 23.257 ha, dei quali il 23% distribuiti nella provincia di Nuoro, il 22% in quella di Sassari, il 25% ed il 15% nelle provincie di Cagliari e Oristano, mentre le rimanenti provincie assommano il restante 15%, con una produzione raccolta di 27.800 t di olive di cui 24.665,2 t da olio e 3.134,8 t da tavola (Tabella 6).

Tabella 6 . Superficie (ettari) e produzione (tonnellate): olivo, olive da tavola, olive da olio.

Province	Olive		Olive da tavola	Olive da olio
	Superficie Totale (ha)	Produzione raccolta (t)	Produzione raccolta (t)	Produzione raccolta (t)
Sassari	5.208,00	7.200,00	480,00	6.720,00
Nuoro	5.397,00	5.500,00	180,00	5.320,00
Cagliari	5.743,00	6.000,00	1.200,00	4.800,00
Oristano	3.577,00	3.989,00	67,00	3.922,00
Olbia-Tempio	555,00	854,00	254,00	600,00
Ogliastra	504,00	1.120,00	64,00	1.056,00
Medio Campidano	631,00	835,00	5,00	830,00
Carbonia-Iglesias	1.748,00	2.302,00	884,80	1.417,20
Totale Sardegna	23.363,00	27.800,00	3.134,80	24.665,20

Regione Sardegna – Dettaglio per provincia – Istat 2011.

Anche per quanto riguarda la Sardegna il rapporto tra il numero di aziende e la superficie coltivata mostra una superficie media per azienda inferiore a 0,7 ha e se accomunato con la struttura delle piante, i sesti irregolari ed i terreni in pendio, ci mostra quanto sia difficile attuare non solo una meccanizzazione integrale ma anche solo della fase di raccolta. A causa delle ridotte dimensioni aziendali ed a fenomeni legati ad un aumento dei costi di produzione, relativi principalmente alla raccolta delle drupe ed alla dinamica della domanda e dell'offerta, la filiera olivicola in Italia sta attraversando una fase molto delicata; tra i fattori che più incidono sull'andamento produttivo abbiamo il fenomeno della non raccolta, che si manifesta nel momento in cui i ricavi non sono sufficienti a coprire i costi ed il fenomeno dell'alternanza produttiva, i cui interventi da attuare in campo per la sua limitazione (potature annuali, concimazioni e trattamenti fitosanitari) sono diventati troppo onerosi.

Una delle voci a più elevata incidenza sui costi di produzione è la raccolta delle drupe. La polverizzazione aziendale, la struttura delle piante, i sesti irregolari ed i

terreni in pendio, rendono praticamente impossibile una completa meccanizzazione, per cui, ormai da oltre un quindicennio, sono presenti sul mercato macchine agevolatrici vibranti condotte a mano, in grado all'incirca di triplicare la produttività degli addetti rispetto alla raccolta manuale (Famiani *et al.* 2008).

La realtà olivicola Italiana può essere scissa in 3 categorie produttive diversificate tra loro:

(a) 'olivicoltura "marginale" (Fig. 1), di piccola scala, caratterizzata da una bassa produttività ed ancora oggi particolarmente diffusa nelle zone collinari più impervie su superfici che vengono sempre più frequentemente abbandonate o sono interessate da operazioni colturali ridotte al minimo indispensabile;



Figura 1. Immagine relativa ad impianto terrazzato in collina.

(b) l'olivicoltura "collinare" (Fig. 2), tipica delle zone declivi, spesso terrazzate, condotte secondo canoni agronomici tradizionali per quanto riguarda le forme d'allevamento, i sestri di impianto, le sistemazioni e le tecniche colturali. Questa svolge un ruolo fondamentale per la tutela del paesaggio e per la stabilità idrogeologica dei versanti, e costituisce una parte rilevante del comparto dal punto di vista della produzione;



Figura 2. Immagine relativa ad impianto in collina.

(c) **l'olivicoltura "intensiva"** (Fig. 3), caratteristica di zone pianeggianti o con pendenza ridotta, rappresenta una realtà affermata, nonostante le superfici complessive ad essa destinate siano ancora limitate. Si tratta di impianti ristrutturati, dotati di sistemazioni idrauliche, sesti di impianto e forme di allevamento adatte alla potatura e raccolta meccanica. Una parte dei problemi legati alla raccolta, soprattutto in impianti di piccole dimensioni o con condizioni strutturali del terreno non idonee ad altri tipi di meccanizzazione, sono stati in parte risolti, dall'introduzione sul mercato di macchine agevolatrici vibranti condotte a mano, in sostituzione delle grandi attrezzature di raccolta come le scuotitrici al tronco, i pettinatori della chioma, le vendemmiatrici utilizzate per la raccolta delle olive da mensa in oliveti super-intensivi, in grado di triplicare la produttività degli addetti, rispetto alla raccolta manuale (Famiani *et al.* 2008; Toma *et al.* 2004).



Figura 3. Immagine relativa ad impianto intensivo.

2. LA RACCOLTA DALLA PIANTA.

2.1. La raccolta tradizionale a mano.

L'olivo, era, ed è tuttora, una pianta largamente diffusa in tutto il bacino del Mediterraneo. L'uso delle drupe per la produzione di olio o per la trasformazione in olive da mensa è conosciuto sin dal tempo dei Greci e dei Romani. Alcune anfore del periodo greco riproducono il sistema di raccolta tradizionale tramandato sino ai nostri giorni,



Figura 4. Raccolta delle olive tramite abbacchiatura con canne.

consistente nell'uso di canne che, percuotendo le fronde e i rami, determinano la cascola dei frutti (abbacchiatura) (Fig. 4). Tale sistema era ed è ancora in uso in tutte quelle zone svantaggiate della Sardegna in cui è praticamente impossibile operare la raccolta delle olive dalla pianta utilizzando le moderne macchine scuotitrici.

La raccolta a mano delle olive dalla pianta avviene in due modi:

- a) brucatura o per raccolta diretta da parte dell'operatore;
- b) abbacchiatura, che prevede l'impiego di canne e l'uso di scale in legno.

Nel primo caso gli operatori provvedono alla raccolta a mano dei frutti, depositandoli all'interno di bisacce portate a tracolla o legate in vita (Fig. 5). Tale tipo di cantiere di lavoro non richiede manodopera specializzata e gli operatori svolgono compiti semplici. L'aspetto limitante di questo sistema di raccolta risiede nel notevole numero di addetti necessario, questo a causa delle basse capacità operative degli operatori (quantità di



Figura 5. Raccolta delle olive tramite brucatura.

prodotto raccolto in un ora da ciascun addetto), con valori oscillanti fra i 15 kg/h e i 20 kg/h per addetto (Mengozzi *et al.* 2006; Biocca *et al.* 2000).

Nell'abbacchiatura gli operatori hanno due compiti distinti: da un lato provvedere a percuotere le fronde dell'olivo con delle canne determinando la cascola delle drupe, dall'altro procedere alla raccolta a mano da terra dei frutti. In tempi più recenti, alla fine degli anni '70, le bisacce sono state sostituite da cassette di legno e di plastica e le operazioni sono state agevolate dall'uso di reti a terra che, stese precedentemente al di sotto della chioma della pianta, consentono il recupero delle olive cascolate

(Tombesi *et al* 1998). Anche con l'uso di un cantiere di lavoro così organizzato, il numero degli addetti impiegati nell'abbacchiatura della pianta e nella raccolta a terra dei frutti è notevole. Le capacità operative degli operatori, sono molto basse: i valori oscillano fra i 25 kg/h e i 35 kg/h per addetto (Mengozzi *et al.* 2006; Biocca *et al.* 2000). Dagli anni '80 in poi, l'introduzione delle prime macchine agricole per la raccolta delle olive dalla pianta ha migliorato le prestazioni del cantiere di raccolta e del singolo addetto, relegando la raccolta manuale a zone di non facile coltivazione e all'olivicoltura praticata a livello familiare (Tombesi *et al.* 1998).

2.2. I metodi di raccolta agevolata.

Le agevolatrici sono macchine raccoglitrice dotate di semplici dispositivi, quali pettini vibranti o ganci oscillanti che, azionati da compressori o direttamente da piccoli motori a scoppio, vengono posizionati all'interno della chioma e provocano il distacco delle olive per bacchiatura o per le oscillazioni indotte nei rametti. Queste attrezzature sono diffuse in zone dove non è economicamente conveniente investire nell'acquisto di grosse macchine o dove le condizioni colturali non sono adatte all'utilizzo di macchine più complesse. Il loro impiego è possibile su varie forme di allevamento, purché l'altezza massima delle piante non superi i 4-4,5 m, consentendone così l'uso idoneo e sicuro da terra. Inoltre, tali attrezzature sono molto versatili in quanto possono essere accessoriate anche con strumenti funzionali alla potatura (forbici, seghetti, ecc.). Negli oliveti convenzionali l'innovazione tecnologica più evidente nella fase di raccolta è costituita dall'impiego di agevolatori pneumatici, elettrici o a motore a scoppio che consentono l'asportazione di quasi tutto il prodotto dalla pianta, con un aumento della produttività per addetto superiore rispetto alla raccolta manuale (Paschino, 1976). L'uso delle agevolatrici dotate di aste telescopiche permette all'operatore di raccogliere le drupe operando direttamente da terra, non utilizzando le scale e riducendo quindi i rischi connessi all'uso delle stesse nonché i tempi di lavoro. Le macchine agevolatrici introdotte nell'ultimo ventennio coprono la totalità delle richieste di innovazione tecnologica avanzate all'indirizzo di questo genere di macchine. I primi esempi di macchine agevolatrici risalgono agli anni '50, con la progettazione di ganci pneumatici alimentati da un compressore e dotati di movimento oscillatorio che "scuotevano le branche" determinando la cascola dei frutti.

2.2.1. Macchine dotate di ganci oscillanti e reti intercettamento a terra.

Tra i modelli a gancio oscillante presenti in commercio ricordiamo:

- a. **“Shake” di Carratù Leonardo** (Fig. 6): la macchina è costituita da un'asta telescopica allungabile fino a 3 m, in lega d'alluminio, del peso di 3,7 kg su cui è montato un gancio vibrante azionato meccanicamente che viene posto in prossimità del ramo determinando il distacco delle drupe attraverso le vibrazioni trasmesse (Nasini *et al.* 2007; Biocca *et al.* 2000; Gucci *et al.* 2004). La caratteristica peculiare della macchina è quella di essere azionata da un motore da decespugliatore

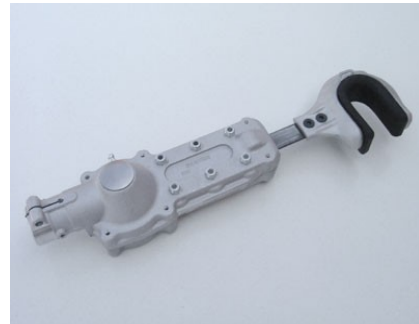


Figura 6. Particolare del gancio dell'agevolatrice Shake della ditta Leonardo Carratù.

zainato, portato a spalla dall'operatore. In questa macchina, il particolare sistema di trasmissione delle vibrazioni, che non prevede un agganciamento fisso al ramo, rende rapida l'esecuzione dello scuotimento dei rami ma può, d'altra parte, provocare un danneggiamento della corteccia quando l'operazione è mal eseguita.

- b. **Irrimac**: si tratta di un'asta scuotitrice che viene accostata a rametti di diametro inferiore ai 50 mm, trasmettendo ad essi le vibrazioni che inducono il distacco delle drupe (Fig. 7). La macchina è costituita da un'asta lunga fino a 3 m, collegata a un motore da decespugliatore con cilindrata di 36,5 cm³ e potenza di 1,5 kW (Biocca *et al.* 2000). La massa totale (motore e asta) è di 11 kg. Un sistema di ammortizzamento posto tra impugnatura e motore evita un'eccessiva trasmissione di vibrazioni

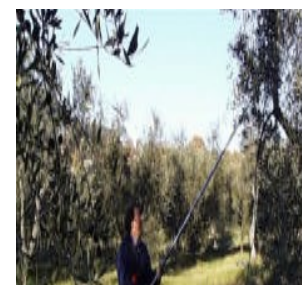


Figura 7. Scuotitore Irrimac nella fase di aggancio al

all'operatore. Quest'ultimo, porta la macchina a spalla per mezzo di un sistema di imbracatura e, durante lo scuotimento, maneggia il motore impugnandolo con una mano e mantenendolo lateralmente rispetto al corpo. E' da notare che, a differenza del sistema precedente, l'operazione di scuotimento vero e proprio deve essere preceduta dal fissaggio del gancio al ramo e ciò, inevitabilmente, aumenta i tempi di lavoro.

- c. **Collina:** lo scuotitore Collina è azionato pneumaticamente da un compressore collegato alla presa di potenza di un trattore agricolo (Fig. 8). Il sistema di trasmissione delle vibrazioni alla pianta avviene tramite un gancio che viene posizionato sui rami principali o su piccole branche in maniera solidale con la pianta attraverso una pinza azionata pneumaticamente (Biocca et al. 2000). Compiuta questa operazione preliminare, l'operatore appoggia l'asta al suolo e regola l'altezza fino ad ottenere la necessaria rigidità del sistema. Solo a questo punto viene avviata l'operazione di scuotimento, che, come nel caso delle macchine precedenti, dura pochissimi secondi. Secondo il produttore, l'altezza di lavoro varierebbe da 1,2 m a 8 m circa, secondo il modello utilizzato.



Figura 8. Particolare del gancio dell'agevolatrice scuotitrice Collina.

2.2.2. Macchine dotate di pettini bacchiatori.

In questa tipologia di macchine agevolatrici, l'elemento raccogliatore è costituito da due pettini controvranti che provocano la caduta delle olive principalmente per bacchiatura. I pettini hanno i singoli denti sostituibili per potersi adattare alle diverse conformazioni della chioma o alla diversa densità di copertura fogliare e produttività delle piante, oltre che per ovviare semplicemente all'eventuale rottura dell'elemento di lavoro. Il numero dei denti è variabile a seconda delle caratteristiche imposte dalle case costruttrici, come anche la tipologia di materiale plastico utilizzato. Tra i modelli presenti sul mercato ricordiamo:

- a. **Lisam** (Fig. 9): l'elemento raccogliatore è costituito da due pettini contro vibranti che provocano la caduta delle olive principalmente per bacchiatura (Biocca et al. 2000; Tombesi et al. 2000). I pettini hanno i singoli denti sostituibili per potersi adattare a diverse situazioni di densità della chioma e di produttività delle piante, oltre che per la riparazione in caso di rottura. E' dotata di sette denti di materiale plastico su ciascun pettine. E' munita, inoltre, di due aste fisse in lega d'alluminio di diversa lunghezza (1,5 m e 3 m) e il movimento dei pettini è azionato da un compressore con potenza minima di 1,6 kW. Il peso con l'asta da 3 m è di 2,7 kg.



Figura 9. Particolare della testata con pettini abacchiatori della Lisam.

- b. **Agromatica** (Fig. 10): si tratta di un pettine sferzatore con tre elementi battitori in lega leggera per ciascun lato che, vibrando l'uno contro l'altro, provocano il distacco delle olive sia per bacchiatura sia per trasmissione delle vibrazioni direttamente sui rami (Biocca et al. 2000; Tombesi et al. 2000). Il raccoglitore è dotato di un'asta lunga 1,5 m o 3 m, dal peso di 2,6 kg ed è azionato pneumaticamente da un compressore di 5,5 kW.



Figura 10. Particolare degli elementi abbacchiatori della macchina Agromatica.

- c. **Campagnola**: anche questo raccoglitore è dotato di due pettini contro vibranti (Fig. 11) in materiale plastico, ma, a differenza dei precedenti, i denti sono di diversa lunghezza in quanto se ne alternano, su ciascun lato, sei lunghi a cinque corti (Biocca et al. 2000). L'asta in vetroresina è allungabile telescopicamente (da 1,8 m a 3 m) e pesa 3 kg. Il raccoglitore può essere azionato da un motocompressore oppure da compressore portato dalla trattrice.



Figura 11. Particolare dei pettini della raccoglitrice Campagnola.

- d. **Pettini pneumatici Olistar Evolution** (Fig. 12): è un abbacchiatore costituito da un'asta telescopica di lunghezza variabile da 1 m a 2 m che porta all'estremità una coppia di pettini oscillanti uno contro l'altro, con denti che hanno una forma simile a quella di un diapason, la quale agevola la penetrazione dei pettini nella chioma e consente anche di svolgere un'azione pettinante (Biocca et al. 2000; Nasini et al. 2007; Famiani et al. 2008). I pettini sono azionati da un motocompressore ad aria carrellato con motore a scoppio (2,5 CV), equipaggiato con un avvolgitore per i tubi. Il peso dell'attrezzatura (asta + pettine) è di circa 2,5 kg.



Figura 12. Il pettine pneumatico Olistar Evolution.

2.2.3. Raccogliatrici agevolatrici elettriche alimentate a batteria e reti a terra.

Le macchine per la raccolta agevolata delle olive sono costituite da brucatori (Fig. 13) ad azionamento e posizionamento manuali. Si tratta di ganci, pettini (semplici o doppi) (Fig. 14), articolati o meno, a forbice, oppure di pinze a rulli rotativi che provvedono a realizzare la presa e il distacco delle drupe. Possono essere manovrate da terra, oppure installate su



Figura 13. Il brucatore agevolatore Guliver.

carrici a piattaforme multiple o singole, fisse o mobili, elevabili idraulicamente tramite p.d.p. del trattore e scaricanti il prodotto in appositi pallet. I pettini, possono essere portati all'estremità da aste di varia lunghezza in modo da agevolare la raccolta della drupe qualora ci si trovasse in presenza di forme di allevamento sviluppate eccessivamente in altezza. Tali attrezzature, di costo modesto, possono trovare impiego in oliveti di limitate dimensioni, con sestici d'impianto inadeguati e su appezzamenti con pendenze eccessive o con forme di allevamento contenute (vaso cespugliato o siepone). Tali soluzioni consentono un'ottima qualità di lavoro (olive integre e non inquinate). Il movimento dei pettini brucatori, può essere impartito sia da un sistema ad aria compressa azionato da un motore ($P_m=0,8-2,5$ kW) sia da motori elettrici ($P_m=0,3-0,4$ kW), che provvede al distacco quasi totale delle olive ed al loro convogliamento in una borsa a zaino portata dall'operatore.



Figura 14. Particolare del pettine Ernesto dotato di movimento oscillante.

Nella descrizione delle prestazioni delle macchine le ditte esprimono il dato come chilogrammi raccolti all'ora, come numero di piante lavorate all'ora, oppure come miglioramento rispetto alla raccolta manuale (Mengozzi *et al.* 2006; Biocca *et al.* 2000). Per rendere omogenei questi dati, ai fini del confronto tra rese dichiarate e ottenute nelle prove, si è assunto, come dato medio di riferimento, una produzione a pianta di 25 kg e un rendimento della raccolta manuale di 20 kg/h.

Un'interessante innovazione tecnologica in questa tipologia di macchine usate per la raccolta agevolata è quella proposta dalla ditta COIMA Italy s.r.l. di Penne, che ha costruito una raccogliatrice per olive dalle dimensioni e dal peso contenuti (1,2 kg) e quindi facilmente trasportabile in campo (Fig 15). Funziona ad energia elettrica fornita da un gruppo elettrogeno o da batterie ricaricabili, trasportabili dall'operatore

tramite uno zainetto a spalla: ciò consente un'autonomia di lavoro di circa 8-11 ore. La macchina è formata da un corpo centrale, in cui è presente un motore elettrico funzionante a 12 V, a cui è collegato da una parte il pettine a onduline rotanti e dall'altra un'impugnatura ergonomica provvista di uno snodo a 180°, a cui a sua volta può essere collegata un'asta rigida telescopica di prolungamento, variabile tra 1,60 e 2,90 m, che



Figura 15. Macchina per la raccolta agevolata Pick Olivella Mini 105 della COIMA Italy srl con onduline modificate per la raccolta delle olive da mensa, (12 Volt, 5 Ah).

permette all'operatore di lavorare anche su piante di grandi dimensioni. Il pettine è l'organo lavorante della macchina ed è costituito da un basamento in acciaio al cui interno è alloggiato il sistema rotante delle onduline; queste ultime sono agganciate al basamento tramite viti bullonate, per essere facilmente smontabili e all'occorrenza sostituite. Le dimensioni del pettine sono di 17,5 cm di larghezza e circa 15 cm di altezza; sono comunque variabili in funzione del numero di onduline che si vogliono utilizzare e del loro spessore, anch'esso variabile. Le onduline sono costruite in titanio, materiale di derivazione aeronautica ad alta flessibilità e resistenza meccanica, hanno misure e diametri differenti, così che combinandole tra loro è possibile personalizzare la rastrelliera ottenendo le prestazioni ideali per la raccolta della coltivazione prescelta.

Tra le macchine agevolatrici, per la raccolta delle olive, azionate elettricamente ricordiamo:

- a. **Oliviero Classic** (Fig. 16): è uno sferzatore elettrico, prodotto dalla ditta Agritec (Grosseto), costituito da un'asta lunga 2 m e un organo sferzante con 6 denti oscillanti lunghi 40 cm. L'alimentazione è fornita da una batteria ricaricabile da 12 V. Il peso complessivo dell'attrezzatura (asta + sferzatore) è di 2,2 kg. Il distacco dei frutti è determinato sia dall'azione diretta

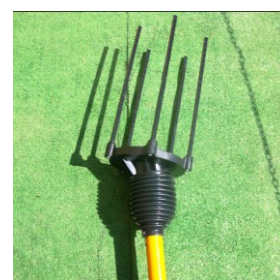


Figura 16. Particolare dell'organo rotante con sei denti oscillanti dell'Oliviero Classic.

dello sferzatore sulle drupe sia, soprattutto, dalle vibrazioni che induce sui rami e sulle branchette.

- b. **Oliviero Evolution** (Fig. 17): è uno sferzatore costituito da un'asta telescopica (da 2,40 m a 3,67 m) alla cui estremità è inserita una testa orientabile in tre posizioni fisse dotata di 6 dita raccogliatrici in fibra di carbonio intrecciata (per

garantire una maggiore robustezza) che, grazie a un movimento rotatorio brevettato, scuotono le branchette sulle quali sono appoggiate e fanno cadere le olive (Nasini et al. 2007). L'attrezzatura è azionata da una comune batteria ricaricabile da 12 V. Il peso complessivo dell'attrezzatura (asta + sferzatore) è di 2 kg.



Figura 17. La testata rotante a sei denti oscillanti dell'Oliviero Evolution.

- c. **Olivion** (Fig. 18): è uno sferzatore elettrico, prodotto dalla ditta Pellenc (Colle di Val d'Elsa, Siena), costituito da un'asta telescopica (da 1,65 m a 2,26 m circa) su cui è inserito un pettine con 8 denti lunghi e molto flessibili in fibra di carbonio (Nasini et al. 2007; Famiani et al. 2008). La corrente elettrica per il suo funzionamento è fornita da una



Figura 18. Olivion della Pellenc.

batteria ricaricabile da 12 V, che può essere anche portata a spalla dall'operatore mediante un gilet ergonomico. Il peso complessivo dell'attrezzatura (asta + pettine) è di 2,7 kg. Il distacco dei frutti è determinato dal movimento oscillante del pettine che appoggiato sulla chioma scuote la stessa.

- d. **Giulivo** (Fig. 19): è uno sferzatore costituito da un'asta telescopica (da 2,40 m a 3,67 m) alla cui estremità è inserita una testa orientabile in tre posizioni fisse dotata di 6 dita raccogliatrici in fibra di carbonio intrecciata (per garantire una maggiore robustezza) che, grazie a un movimento rotatorio brevettato, scuotono le branchette sulle quali sono appoggiate e fanno cadere le olive (Nasini et al. 2007). L'attrezzatura è azionata da una comune batteria ricaricabile da 12 V. Il peso complessivo dell'attrezzatura (asta + sferzatore) è di 2kg.

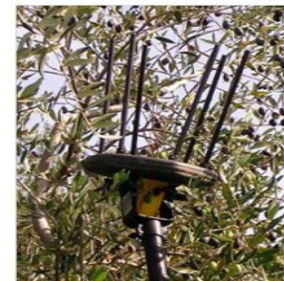


Figura 19. Sferzatore Giulivo

- e. **Guliver** (Fig. 20): è un brucatore-agevolatore elettrico costituito da 2 bracci controrotanti a rulli folli che pettinando i rami fanno cadere le olive (Nasini et al. 2007). È azionato da una batteria ricaricabile da 12 V. Il peso dell'attrezzatura è di circa 0,95 kg.



Figura 20. Brucatore-agevolatore Gulliver.

f. **Pettine elettrico Oliwatt2** (Fig. 21): è un pettine elettrico costituito da un'asta telescopica di lunghezza variabile da 2,5 m a 3,5 m alla cui estremità è montata una coppia di pettini oscillanti dalla particolare forma a ventaglio, che agevola il movimento dell'attrezzatura nelle chiome degli olivi (Nasini et al. 2007; Fiorino et al. 2006). Il pettine è azionato da una batteria ricaricabile da 12 V. Il peso complessivo dell'attrezzatura utilizzata (asta + pettine) è di 2,4k g.



Figura 21. Pettine elettrico Oliwatt 2.

2.3. Scuotitrici da tronco.

Si tratta in genere di macchine dotate di un organo operatore consistente in una pinza, provvista di ganasce mobili ricoperte di rulli in gomma, che viene bloccata sul tronco e trasmette delle vibrazioni prodotte dall'azionamento di una serie di masse eccentriche comandate idraulicamente (Mengozzi *et al.* 2006). Alcuni modelli offrono tra l'altro la possibilità di utilizzare due tipi di testate intercambiabili consentendo, a seconda del tipo di impianto, di agire sulle branche o sul tronco così da ottenere il massimo risultato. In evidenza tra queste lo scuotitore trainato su due ruote Tornado P70N. La macchina richiede per il suo azionamento l'abbinamento ad una trattrice di almeno 44 kW (Mengozzi *et al.* 2006). L'alimentazione è idraulica con giunto cardanico di collegamento alla presa di potenza (pdp) della trattrice. La massa di 10 q.li non grava sulla trattrice ma sulle ruote della macchina, il braccio è estensibile fino a 6,5 metri e può ruotare di 180° con altezza massima di 5 metri. I comandi sono eseguibili a distanza tramite radiocomando ed è prevista la possibilità di applicare come accessorio un sistema di intercettazione ad ombrello rovescio. Il vibratore del tronco Speedy è una macchina semovente con due ruote motrici indipendenti ed una terza libera, con sistema di sterzata a 360°. I comandi per la movimentazione e la vibrazione sono regolati tramite joystick.



Figura 22. Scuotitore al tronco per la raccolta delle olive De

L'ombrello ha un'apertura

massima da 5m a 7 m e può essere sganciato in pochi minuti per permettere all'operatore di lavorare su piante ad alto fusto. Lo scuotitore per olive della De Masi Costruzioni (Fig. 22) è stato realizzato con delle soluzioni innovative avanzate, alcune delle quali coperte da brevetto.

Tra queste la forma concava della testata e del relativo cuscino, la chiusura mono braccio, con il sistema MARAS (mono braccio autocentrante antiscortecciamento sequenziale), ed il sistema idraulico MMOS (multifrequenza multi portata oil sistema costante) (Mengozzi *et al.* 2006). Da segnalare, infine, l'unità multifunzione dell'Andreoli Engineering (Fig. 23). Sull'unità motrice, costituita dalla trattrice

Formula Trac (motore VM - Detroit Diesel, 6 cilindri, turbo intercooler, 130 CV), può essere facilmente montato un braccio telescopico, sul quale si può installare qualsiasi attrezzatura per la raccolta, la



Figura 23. Trattoria Formula Trac SH della Andreoli Engineering.

movimentazione e lo scarico delle olive.

2.4. Le grandi macchine per la raccolta delle olive.

In un ottica di riduzione dei costi legati alle produzioni olivicole, legate soprattutto alla fase di raccolta, negli ultimi anni sono andate sviluppandosi forme di allevamento superintensivo. Il modello superintensivo è caratterizzato da una disposizione in filari con intensificazione delle piante presenti sul filare (1.600 – 2.000 piante/ha) (Bellomo *et al.* 2009). Gli studi sull'interazione pianta-macchina, nel caso di questo modello colturale hanno portato alla messa a punto, attraverso modifiche *ad hoc*, di vendemmiatrici a scuotimento orizzontale adattate alla raccolta dell'olivo (Arrivo *et al.* 2006) ed all'individuazione di un numero ridotto di cultivar idonee a tale tipologia di raccolta (Camposeo *et al.* 2006; Camposeo *et al.* 2008; Camposeo *et al.* 2009).

Di seguito alcuni modelli di raccogliatrici scavallatrici in continuo utilizzate in olivicoltura:

- a. **Colossus:** mastodontica raccogliatrice semovente scavallante di 38 tonnellate di peso che utilizza degli aspi vibranti a bassa frequenza (Fig. 24). Le difficoltà legate al peso e all'ingombro sono piuttosto accentuate. Di non poco conto, risulta anche l'elevato consumo di carburante che incide sui costi di gestione e di ammortamento. Ha il vantaggio di un solo operatore. La macchina



Figura 24. Colossus

scavallatrice Colossus è dotata di aste rigide che risultano poco efficaci dal punto di vista della capacità e della velocità di raccolta e, soprattutto, sono molto aggressive per le piante e per gli stessi scuotitori (Seri *et al.* 2008).

- b. **Vendemiatrice Pellenc “Active 4560”:** macchina caratterizzata da un sistema di raccolta a scuotimento automatico proporzionale all'avanzamento (SMART-Système) e da un trasporto a nastro (Arrivo *et al.* 2006) (Fig. 25). Gli scuotitori della testata di raccolta sono costituiti da aste opportunamente sagomate, vincolate alle due estremità e realizzate in materiale plastico estremamente flessibile. Le aste sono dotate di movimento oscillatorio durante il quale le stesse si deformano mantenendo sempre la stessa distanza fra loro. La pulizia del prodotto avviene ad opera dei due aspiratori situati sui due lati alla base del tunnel di raccolta e due aspiratori supplementari nella sezione superiore. Tutti gli aspiratori sono dotati di frantumatori (Bellomo *et al.* 2009).



Figura 25. Pellenc “Active 4560”, può montare una testata di raccolta adatta alla raccolta delle olive.

- c. **Gregoire G120 SW:** La macchina è costituita da un telaio portante a quattro ruote motrici e dai motori per il loro azionamento. La testata di raccolta è incernierata al telaio portante in modo che possa pendolare ed essere autoallineante, cioè completamente libera nei movimenti. L'apparato di distacco delle drupe è costituito da bracci, collocati nel lato interno della macchina e muniti di aste vibranti, che esercitano un'azione di pettinamento e vibrazione

sulla parte esterna della chioma (Fig. 26). La frequenza di oscillazione può variare tra i 450 e 480 battiti per minuto. Il sistema di scuotimento della Grégoire, costituito da 28 battitori ricurvi a corpo unico, è quello ad aste frenate (ARC) in cui entrambe le estremità del battitore sono incernierate. Il gruppo intercettatore è costituito da due serie di scaglie in materiale plastico, leggermente inclinate verso i trasportatori laterali, che si aprono al passaggio della pianta. Quello di trasporto, posizionato ai lati esterni delle scaglie, è invece costituito da tappeti in gomma dotati di palette trasversali. È possibile controllare la trazione delle quattro ruote garantendo un raggio di sterzata praticamente di 90°, azione che consente loro di fare inversione su se stesse bloccando una ruota posteriore sulla quale fare perno. Un'interessante soluzione deriva dall'applicazione di un cilindro idraulico in corrispondenza di ognuna delle quattro ruote: questi cilindri permettono alle macchine di lavorare con pendenze laterali fino al 30%. Il circuito idraulico di trasmissione è azionato da un motore diesel e si sviluppa a partire da un gruppo di pompe, a portata variabile con pistoni rotanti, collegate per mezzo di un sistema di tubazioni e dispositivi ausiliari ai motori idraulici accoppiati agli utilizzatori (Giametta *et al.* 2009).



Figura 26. Particolare della scavallitrice Grégoire "G120 SW" durante operazione di raccolta su olivo.

3. LA SICUREZZA DEGLI OPERATORI ED IL RISCHIO CONNESSO ALL'USO DELLE AGEVOLATRICI SULLA BASE DELLA NORMATIVA VIGENTE.

3.1. La Norma ISO 5349-1:2001 utilizzata.

Il D.Lgs. n. 187 del 19/08/2005 sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche, prescrive specifiche metodiche di individuazione e valutazione dei rischi associati all'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio (HAV, Hand Arm Vibration) e del corpo intero (WBV, Whole Body Vibration) e specifiche misure di tutela, che vanno inserite nel documento di valutazione dei rischi prescritto dal D.Lgs. 626/94. Il decreto prevede inoltre che i lavoratori siano sottoposti a sorveglianza sanitaria da parte del Medico Competente qualora sia superato il livello di azione ($2,5 \text{ m/s}^2$ e o $0,5 \text{ m/s}^2$, rispettivamente, per le vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio e al corpo intero). La valutazione dei rischi può essere effettuata sia senza misurazioni, sulla base di appropriate informazioni reperibili dal costruttore e/o da banche dati accreditate (ISPESL, CNR, Regioni), sia con misurazioni, in accordo con le metodiche di misura prescritte da specifici standard ISO-EN. Per vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio si intendono "le vibrazioni meccaniche che se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari" (art. 2 comma 1, punto a, D.lgs n. 187/2005). Per vibrazioni trasmesse al corpo intero si intendono "le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide" (art. 2 comma 1, punto b, D.lgs n. 187/2005). La "Direttiva Macchine" (D.P.R. 24 luglio 1996 n. 459), impone ai costruttori di utensili portatili e di macchine di dichiarare i valori di vibrazioni a cui sono esposti gli operatori. Ciò significa che tutti i macchinari conformi alla Direttiva Macchine che producono vibrazioni superiori ai livelli di azione prescritti dalla normativa ($2,5 \text{ m/s}^2$ e o, $0,5 \text{ m/s}^2$, rispettivamente, per le vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio e al corpo intero), devono essere corredati della certificazione dei livelli di vibrazione emessi. Tra le attrezzature possibili fonti di vibrazioni per il sistema mano-braccio vi sono attrezzature quali: martelli demolitori, smerigliatrici, scalpellatori, motoseghe, decespugliatori, etc. Tra le macchine che

possono trasmettere vibrazioni al corpo intero vi sono, tra l'altro, gru ed autogrù, trattori, ruspe, carrelli elevatori, motociclette ed altri mezzi di trasporto, ambulanze etc. Questo comporta che un gran numero di attività lavorative sono esposte al rischio vibrazioni nei settori dell'edilizia, della produzione, della logistica distributiva, dei servizi di trasporto pubblico e privato. L'ISO (International Organization for Standardization): è la federazione mondiale degli organismi nazionali (enti membri ISO) della standardizzazione. Il lavoro di preparazione degli standard internazionali è di solito effettuato attraverso comitati tecnici ISO. L'ISO collabora strettamente con la Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC). Per quanto riguarda l'esposizione degli esseri umani alle vibrazioni si fa riferimento allo standard ISO 5349 (parte 1 e parte 2) che è stato elaborato dal "Comitato Tecnico ISO/TC 108, vibrazioni meccaniche ed urti, l'esposizione umana a vibrazioni meccaniche e agli urti" (6). Le indicazioni fornite nella parte 1 della ISO 5349 sono derivate sia da esperienze pratiche che da sperimentazioni in laboratorio riguardanti la risposta umana alle vibrazioni trasmesse alla mano. La parte 2 è completata da informazioni che forniscono indicazioni pratiche per l'attuazione delle misurazioni e delle tecniche di valutazione sul posto di lavoro. La Norma internazionale ISO 5349 è costituita delle seguenti parti:

Parte 1: requisiti generali.

Parte 2: guida pratica per la misurazione sul posto di lavoro.

L'allegato A contiene le definizioni per ponderazione in frequenza W_h e per la limitazione di banda dei filtri, per la misura ponderata in frequenza in conformità con ISO 5349.

L'allegato B contiene le informazioni sugli effetti delle vibrazioni trasmesse alla mano dagli organi di lavoro utilizzati dai lavoratori.

L'allegato C fornisce le linee guida che possono aiutare le autorità competenti per la definizione dei limiti di esposizione o dei livelli di azione.

L'allegato D contiene informazioni su altri fattori che possono influenzare la risposta umana alle vibrazioni trasmesse alla mano.

L'allegato E contiene indicazioni sulle misure preventive per i responsabili della salute e sicurezza sul lavoro. Ulteriori informazioni sono contenute nell' **allegato F**.

3.2. Le Vibrazioni meccaniche: la misurazione e la valutazione dell'esposizione alle vibrazioni trasmesse alla mano durante le fasi di lavoro.

3.2.1. Campo di applicazione.

Questa parte della ISO 5349 specifica i requisiti generali per la misurazione e il reporting alle esposizioni a mano delle vibrazioni trasmesse in tre assi ortogonali.

3.2.2. Termini, definizioni e simboli utilizzati dalla Norma ISO 5349-1:2001.

- a) I termini inseriti nella ISO 5349 sono quelli utilizzati dalla ISO 2041.
- b) I simboli utilizzati nella sperimentazione sono quelli previsti dalla ISO e così definiti (Tabella 7):

Tabella 7. Simboli utilizzati e definizioni.

$a_{hw}(t)$	Valore di accelerazione istantanea sul singolo asse della frequenza ponderata delle vibrazioni trasmesse alla mano al tempo "t", espresso in metri al secondo quadrato (m/s^2)
a_{hw}	Generico valore efficace (rms, root mean square) dell'accelerazione, ponderato in frequenza, espresso in m/s^2 .
$a_{hwx}; a_{hwy}; a_{hwz};$	Valori efficaci (rms) dell'accelerazione, ponderata in frequenza, espresso in m/s^2 , lungo le tre direzioni di misura: x, y e z
a_{hV}	Valore della vibrazione totale (conosciuto come il vettore somma); è la somma dei quadrati dei valori di a_{hw} della misurazione delle vibrazioni sui tre assi, espressi in (m/s^2)
$a_{hV(eq,8h)}$	Esposizione giornaliera alle vibrazioni riferita ad 8 ore lavorative (8-h il valore energetico equivalente di vibrazione totale), espressi in (m/s^2)
$A(8)$	Un termine conveniente come alternativa per l'esposizione quotidiana alle vibrazioni $a_{hV(eq,8h)}$
D_y	Media totale (una tantum) della durata dell'esposizione del gruppo dei lavoratori, in anni
T	Durata complessiva giornaliera di esposizione alle vibrazioni a_{hV}
T_0	Riferimento ad una giornata lavorativa della durata di 8 ore (28 800 s)
W_h	Frequenza ponderata caratteristica delle vibrazioni trasmesse alla mano

4. LA CARATTERIZZAZIONE DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE ALLA MANO.

4.1. Considerazioni generali.

Il metodo specificato in questa parte della ISO 5349 tiene conto dei fattori noti per influenzare gli effetti dell'esposizione umana alle vibrazioni trasmesse alla mano in condizioni di lavoro:

- a) lo spettro di frequenza di vibrazione;
- b) entità di vibrazione;
- c) la durata dell'esposizione durante il giorno di lavoro;
- d) l'esposizione cumulativa ad oggi.

4.2. Le apparecchiature di misura delle vibrazioni trasmesse alla mano.

4.2.1. Generalità.

La misura delle vibrazioni trasmesse alla mano deve essere effettuata utilizzando una strumentazione conforme ai requisiti della ISO 8041. Questa apparecchiatura deve essere verificata per il corretto funzionamento prima e dopo l'uso. La taratura deve essere effettuata da un laboratorio accreditato.

4.2.2. Trasduttori delle vibrazioni.

Il trasduttore di vibrazioni è un accelerometro progettato per effettuare misure di vibrazione generali o può essere specificamente progettato per le grandi accelerazioni di picco, come quelle prodotte da strumenti che agiscono per urto (martelli demolitori). Il trasduttore di vibrazioni deve essere in grado di coprire la gamma delle frequenze delle vibrazioni oggetto della misura. Le dimensioni dei trasduttori devono essere tali da non interferire con il funzionamento della macchina in modo tale che l'ubicazione del punto di misura possa essere identificato.

4.2.3. Posizione e orientamento dei trasduttori.

La vibrazione trasmessa alla mano deve essere misurata e riportata per tre direzioni di un sistema di coordinate ortogonali. Per la misura pratica delle vibrazioni, l'orientamento del sistema di coordinate può essere definito con riferimento a un appropriato sistema di coordinate basicentriche originarie. La vibrazione nelle tre

direzioni deve essere misurata simultaneamente. Le misurazioni effettuate in sequenza lungo ciascuno dei tre assi sono accettabili purché le condizioni operative siano simili nelle tre misurazioni. Le misure sono effettuate sulla superficie vibrante possibilmente in prossimità della zona di presa della macchina, utensile o pezzo. La posizione dei trasduttori deve essere segnalata.

4.2.4. Montaggio dei trasduttori.

I trasduttori devono essere montati rigidamente. Una guida pratica sui metodi di montaggio in situazioni difficili (come ad esempio su superfici resilienti o in caso di vibrazioni impulsive) è quella di utilizzare opportuni adattatori, come previsto anche dalla norma ISO 5349-2. Ulteriori informazioni sulla disposizione e il montaggio degli accelerometri sono riportati nella ISO 5348.

4.2.5. Accoppiamento della mano alla sorgente delle vibrazioni.

L'origine del sistema di coordinate biodinamico è la testa del terzo metacarpo (estremità distale). L'asse z_h (cioè asse della mano) è definito come l'asse longitudinale del terzo osso metacarpale ed è orientato positivamente verso la fine distale del dito. L'asse x_h attraversa l'origine, è perpendicolare all'asse z_h ed è positivo nella direzione assegnata quando la mano è nella posizione anatomica normale (palma che gira).

L'asse y_h è perpendicolare agli altri due assi ed è positivo nella direzione verso il quinto dito (il pollice). In pratica, il sistema di coordinate utilizzato è basicentrico: il sistema è generalmente ruotato nell'area y e z in modo che l'asse h sia parallelo all'asse dell'impugnatura.

Sebbene la caratterizzazione dell'esposizione alla vibrazione attualmente impieghi l'accelerazione quadratica media trasmessa alla superficie in contatto con la mano come quantità principale, è ragionevole supporre che gli effetti biologici dipendano dalla modalità di accoppiamento della superficie della mano alla sorgente di vibrazione. Inoltre anche l'accoppiamento mano-strumento (Fig. 27) impugnatura o (hand-grip) e a palmo piatto (Fig. 28) (*flat palm*) può influire notevolmente sulle misure della vibrazione e sulla posizione dell'operatore durante la raccolta.

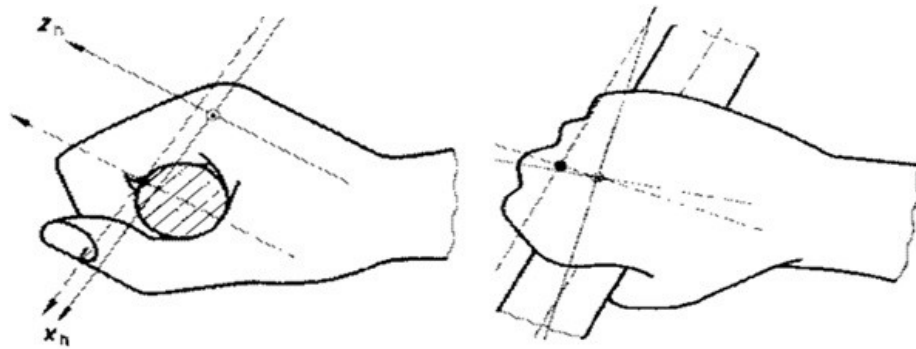


Figura 27. Posizione di "impugnatura" (in questa posizione la mano adotta una presa standardizzata su una barra cilindrica).

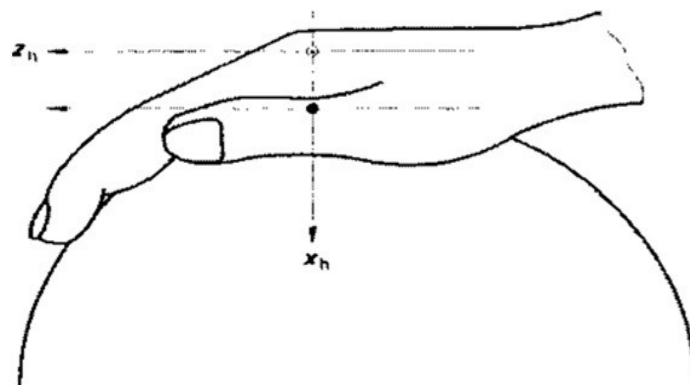


Figura 28. Posizione "Flat palm", (in questa posizione la mano preme verso il basso su una sfera).

4.2.6. Quantità da misurare.

La quantità principale per descrivere l'ampiezza della vibrazione è la somma quadratica media o r.m.s. (root-mean-square), ponderata in frequenza, dell'accelerazione ed è espressa in metri al secondo quadrato (m/s^2). La misura di accelerazione ponderata in frequenza richiede l'applicazione di opportuni filtri di pesatura per la definizione delle ampiezze del segnale nelle varie bande di frequenza (da 6.5 a 1200 Hz). Questa ponderazione serve ai fini igienistici. Infatti, la frequenza ponderata W_h riflette l'importanza delle varie frequenze nella produzione di cause di disordini biodinamici alla mano.

4.2.7. Direzione delle vibrazioni.

È noto che nella maggior parte degli strumenti di lavoro la sorgente di vibrazione a contatto con la mano riceve contributi dalle tre diverse direzioni dello spazio ed il contributo di ognuna delle tre direzioni è dannoso in maniera uguale. Le misure dovrebbero essere quindi fatte lungo i tre assi cartesiani di riferimento.

5. LA CARATTERIZZAZIONE DELL'ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE ALLA MANO.

5.1. Generalità.

Ai fini igienistici, l'esposizione alla vibrazione è dipendente dall'ampiezza della vibrazione e dalla durata dell'esposizione. Per applicare la guida sugli effetti sanitari presenti nell'allegato C, la grandezza di vibrazione di riferimento è rappresentata dal valore totale di vibrazione "HAV".

5.2. Durata dell'esposizione giornaliera.

La durata dell'esposizione giornaliera è il tempo totale in cui la mano/(i) è esposta alla vibrazione durante il giorno lavorativo. Il tempo di esposizione alla vibrazione può essere più breve del tempo in cui la persona è presente sul luogo di lavoro. È importante per le valutazioni di base la durata dell'esposizione giornaliera totale su un numero di campioni rappresentativi alle diverse condizioni operative e di lavoro. L'esposizione giornaliera alle vibrazioni deriva dalla grandezza della vibrazione e dalla durata giornaliera all'esposizione. Al fine di facilitare il confronto tra le esposizioni giornaliere di diversa durata, l'esposizione quotidiana di un operatore/(i) alle vibrazioni sono espresse in termini di δ_h di energia equivalente ponderata in frequenza del valore totale della vibrazione $a_{hV(eq,8h)}$.

Per comodità $a_{hV(eq,8h)}$ è indicato con A (8):

$$A(8) = a_{hV} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Dove:

- T è la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni a_{hV} ;
- T_0 è la durata di riferimento di 8 h (28800 s).

Se il lavoro è tale che l'esposizione totale giornaliera alle vibrazioni è costituita da diverse operazioni con ampiezze di vibrazioni diverse l'esposizione giornaliera alle vibrazioni, A (8), si ottiene utilizzando l'equazione:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hVi} T_i}$$

Dove:

- a_{hVi} è il valore complessivo di vibrazione prodotta dalla i-esima operazione;
- n è il numero totale di esposizioni alle vibrazioni;
- T_i è la durata dell'i-esima operazione.

6. SCOPO DEL LAVORO.

Le macchine agevolatrici, per la raccolta delle olive, fin qui descritte costituiscono una rappresentazione dei differenti modelli presenti sul mercato, esse presentano differenze anche notevoli da un modello all'altro. Tra le più importanti differenze rileviamo i sistemi di trasmissione della forza motrice necessaria al funzionamento delle testate di raccolta, questi si possono dividere in tre grandi categorie: a) macchine azionate ad aria compressa, prodotta da un apposito compressore; b) macchine azionate da un motore a scoppio a combustione interna; c) e macchine azionate da motori elettrici nei quali l'energia elettrica può essere fornita o da un generatore di corrente o da delle batterie appositamente sviluppate.

Altre importanti differenze riguardano la forma, i materiali utilizzati, ed il meccanismo di funzionamento delle testate vibranti che entrando in contatto con la chioma degli alberi causano il distacco dei frutti sia per contatto diretto con gli stessi sia per trasmissione delle vibrazioni dai rami alle drupe. Tali macchine agevolatrici, impiegate con l'utilizzo di reti a terra che normalmente vengono utilizzate per la raccolta delle olive da olio e solo raramente vengono utilizzate per la raccolta delle olive da mensa questo a causa della possibilità, piuttosto elevata, di arrecare danno alla polpa delle drupe durante il processo di raccolta.

Lo scopo del lavoro, in tal senso, è stato quello di valutare una nuova macchina agevolatrice per la raccolta delle olive da mensa che fosse in grado preservare l'integrità dei frutti in quanto la presenza di danni visibili comporta un deprezzamento sia qualitativo che commerciale. La macchina agevolatrice, impiegata durante la sperimentazione, è stata mutuata da precedenti esperienze riguardanti la raccolta del mirto (Paschino *et al.* 2005) e da prime valutazioni concernenti la determinazione del danno durante il suo impiego in sede di raccolta delle olive da mensa (Paschino *et al.* 2010). Alla testata di raccolta sono state apportate delle modifiche riguardanti il materiale di rivestimento dei denti metallici controrotanti, lo spessore del materiale di rivestimento e le velocità di rotazione degli stessi.

La sperimentazione condotta riguarda due ambiti di ricerca differenti, nel primo si valuta l'efficacia delle soluzioni proposte per ridurre il danno sulle olive, causato dall'impatto degli organi in movimento della macchina agevolatrice, mentre nel secondo ambito di ricerca si valuta la macchina agevolatrice in modo da quantificare

le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio in modo da valutare l'eventuale rischio di “finger blanching” (Fenomeno di Raynaud o Angioneurosi), dovuto all'accumulo di un eccesso di vibrazioni.

L'obiettivo finale era di prototipare una macchina agevolatrice con testata di raccolta dalle caratteristiche innovative rispetto a quelle presenti sul mercato, mediante le seguenti fasi operative:

- a. cambiando la tipologia di organo lavorante: da organi oscillanti e da organi scuotitori si è passati ad organi rotativi;
- b. identificando le tipologie di materiali plastici di rivestimento al fine di ridurre il danno sulle drupe;
- c. individuando le condizioni di spessore idonee alla protezione del sistema di raccolta della testata;
- d. determinando le velocità di rotazione, degli organi di raccolta, ottimali in termini di produzione di frutti integri;
- e. valutando la sicurezza della macchina in uso agli operatori.

7. MATERIALI E METODI.

a. Generatore di corrente e tachimetro.

L'energia necessaria per l'esecuzione delle prove, durante tutto il periodo della sperimentazione, è stata ottenuta da un generatore di corrente Yamaha EF1000iS (Fig. 29) che collegato ad un alimentatore, modello IPS-1820D della Iso-Tech (Fig. 30), permette la variazione del numero di giri da 2000 a 4000 rpm utilizzati nella sperimentazione e misurati con il tachimetro Deumo 2 (Deuta-Werke, Bergisch Gladbach, Germany) che consente misurazioni comprese tra 50 e 50000 rpm.


	Caratteristiche tecniche.	
	Motore	
	Cilindrata	50cc
	Potenza massima	1,61 kW / 6.500 giri/min
	Avviamento	A strappo
	Generatore	
	Tipo generatore	Inverter-Silenzioso
	Frequenza	50 hz
	Uscita AC nominale	900 VA
	Uscita AC massima	1.000 VA
	Tensione AC	230 V
	Corrente nominale	3,9 A
	Presa di corrente	12 / 8 V/A
	Fattore di potenza	1
Fasi	Singolo	
Avviamento	Diretto	

Figura 29. Generatore di corrente Yamaha EF1000iS Inverter.


	Caratteristiche tecniche	
	Corrente di uscita	0 → 20A
	Numero di display	2
	Numero di uscite	1
	Potenza nominale	500W
	Temperatura massima	+40°C
	Temperatura minima	0°C
	Tensione di alimentazione	115 V, 230 V
	Tensione di uscita	0 → 18V
	Tipo	Digitale

Figura 30. Alimentatore di corrente Iso-Tech (12 V, 30 A)

b. Campo sperimentale e varietà utilizzate.

Tutte le prove di raccolta, durante il periodo della sperimentazione sono state eseguite in un'azienda specializzata nella produzione di olive da mensa localizzata nella piana di Chilivani, località Mesu e Rios (Ozieri-Sassari - 40° 35' 00" N - 9° 00' 00" E) (Fig. 31). Le drupe sono state raccolte da piante



Figura 31. Azienda specializzata nella produzione di olive da mensa Mesu e Rios (Ozieri-Sassari - 40° 35' 00" N - 9° 00' 00" E)

coeve di 5 anni che presentavano una forma di allevamento a vaso (media impalcatura: 2,5 metri di altezza massima) con un palco di ramificazione delle branche principali a circa 70 cm da terra, per permettere l'inserimento delle reti intercettatrici sottochioma, sul quale si trovano inserite tre branche primarie disposte fra loro in angoli di 120° ed inclinate rispetto alla verticale di circa 30-45°, su ciascuna branca primaria sono lateralmente inserite



Figura 32. Pianta di olivo sulla quale sono state eseguite le prove di raccolta.

branchie secondarie, a distanza di 60-100 cm l'una dall'altra, più inclinate delle branche primarie in modo da occupare lo spazio presente tra queste ultime, su ciascuna branca secondaria troviamo branche terziarie, branche da sfruttamento e produzioni fruttifere (Fig. 32) (Baldini 1979). Il sesto di impianto è di 4 metri lungo la file e di sei metri tra le file con una densità di 416 piante per ettaro. Durante la raccolta con l'agevolatrice elettrica come sistema di intercettazione delle olive sono state utilizzate delle cassette di plastica (Lunghezza: 50 cm; Larghezza: 33 cm Altezza: 30 cm) e delle reti sottochioma in tessuto sintetico (Fig. 33).



Figura 33. Sistemi di intercettazione delle olive utilizzati (cassetta di plastica e reti a terra).

Le cultivar su cui sono state eseguite le prove sono la cv. Tonda di Cagliari, la Nocellara del Belice e la Nera di Gonnos (Olea Europea L.). La sperimentazione è stata condotta quando le olive presentavano una completa colorazione verde.

7.1. Macchina agevolatrice.

7.1.1. Prima fase della prototipazione della nuova testata di raccolta (I° e II° anno).

a. Il pettine agevolatore modificato per la raccolta delle olive da mensa.

La macchina agevolatrice è una pettinatrice Pick Machine della COIMA ITALY, modello 105 C “Olivella Mini”, mutuata da precedenti esperienze maturate nella raccolta agevolata delle bacche di mirto (Paschino *et al.* 2005) (Fig. 34) e da prime esperienze atte alla determinazione e valutazione del danno causato dagli organi in movimento della stessa sulle olive da mensa (Paschino *et al.* 2010). La



Figura 34. Prototipo di agevolatrice con testata di raccolta modificata per la raccolta delle bacche di mirto e particolare dell'organo di lavoro (Ondulina).

macchina ha un peso di 1,2 kg e può essere dotata di un'asta rigida telescopica lunga 70 cm, con un'impugnatura ergonomica provvista di snodo a 180°, che può variare la lunghezza da 1,60 m a 2,90 m per poter operare su piante di grandi dimensioni. Il motore elettrico da 12 Volt e 5 A è dotato di un interruttore per l'accensione e lo spegnimento, il quale può essere alimentato tramite delle batterie al litio inserite in uno zainetto (Fig. 35). Il pettine è l'organo lavorante della macchina ed è costituito da un basamento in acciaio



Figura 35. Particolare del Battery pack realizzato per l'alimentazione dell'agevolatrice elettrica.

al cui interno è alloggiato il sistema rotante delle onduline, queste ultime sono agganciate allo stesso tramite viti bullonate, per essere facilmente smontabili e all'occorrenza sostituite (Fig. 36). Il pettine è largo di 17,50 cm e su di esso sono montate le onduline, in numero variabile (da 11 a 2 in funzione della tipologia di frutto da raccogliere) e dalla lunghezza di 15,5 cm. Le onduline controrotanti sono realizzate in titanio, materiale di derivazione aeronautica, ad alta flessibilità e resistenza meccanica. La tipologia ed il diametro delle stesse consentono di personalizzare la rastrelliera ottenendo le prestazioni ideali per la raccolta della coltivazione prescelta (Paschino *et al.* 2005).

La macchina è provvista di un apparato elettronico (Electronic Block Control) il quale permette di bloccare automaticamente e rapidamente la rastrelliera nel caso si

verifichi un blocco delle onduline nei rami durante la raccolta. Per una maggiore efficienza ed una minore usura degli organi di trasmissione del moto contenuti nella testata di raccolta è necessario provvedere periodicamente alla lubrificazione, con un apposito lubrificante, il quale viene inserito tramite l'uso di una pompa a stantuffo attraverso dei connettori montati nel corpo della rastrelliera (Fig. 36).

Le onduline utilizzate, nel corso della sperimentazione, sono state rivestite con tre differenti elastomeri plastici: silicone (S) (Fig. 37), gomma naturale (C) (Fig. 38) e gomma vulcanizzata (G) (Fig. 39) e per ogni singolo materiale sono stati realizzati tre differenti spessori: 7 mm, 14 mm e 19 mm.

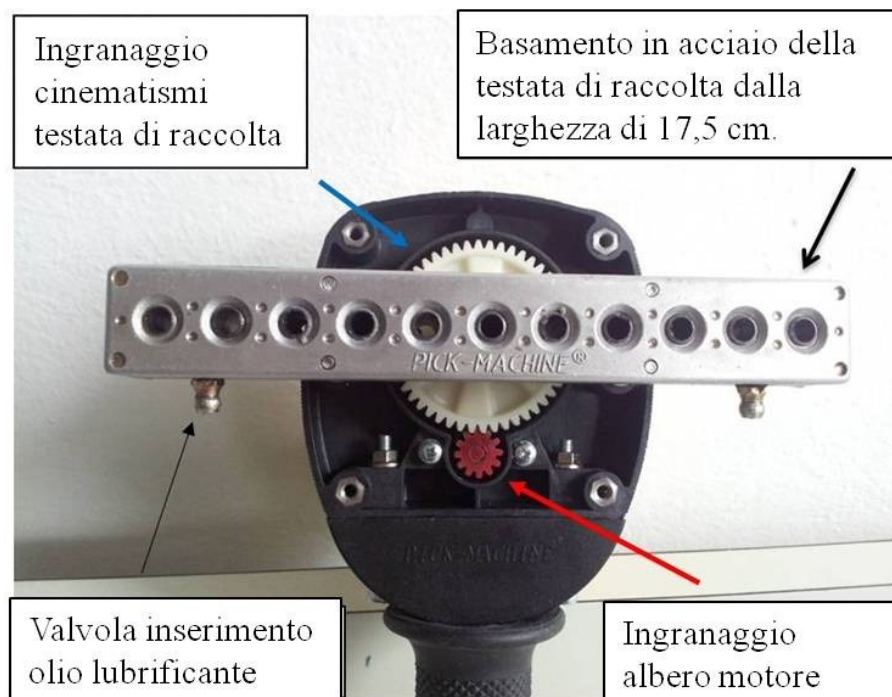


Figura 36. Particolare del pettine di raccolta. In evidenza il meccanismo di trasmissione della forza motrice dal motore elettrico (in rosso) alla testata di raccolta.

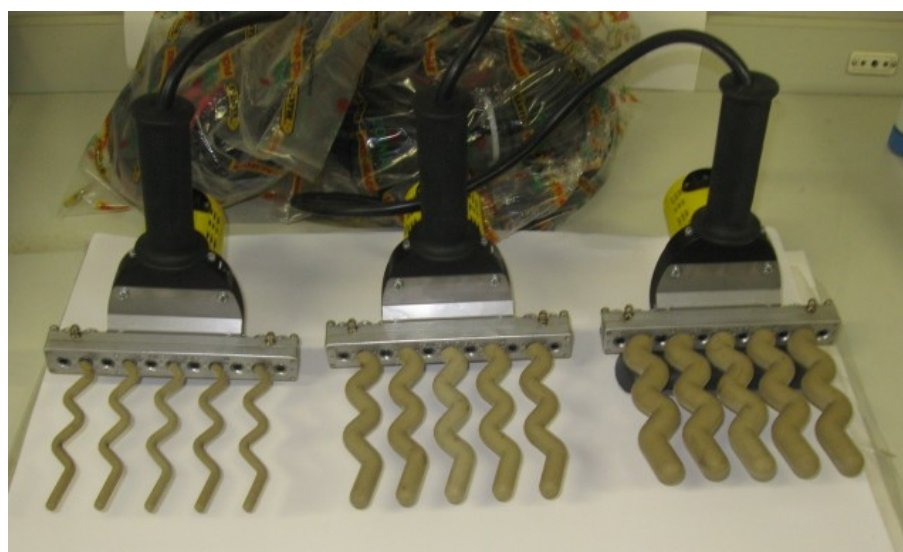


Figura 37. Particolare di onduline rivestite con Silicone con spessori da sinistra vs destra di 7 mm; 14 mm e 19 mm).

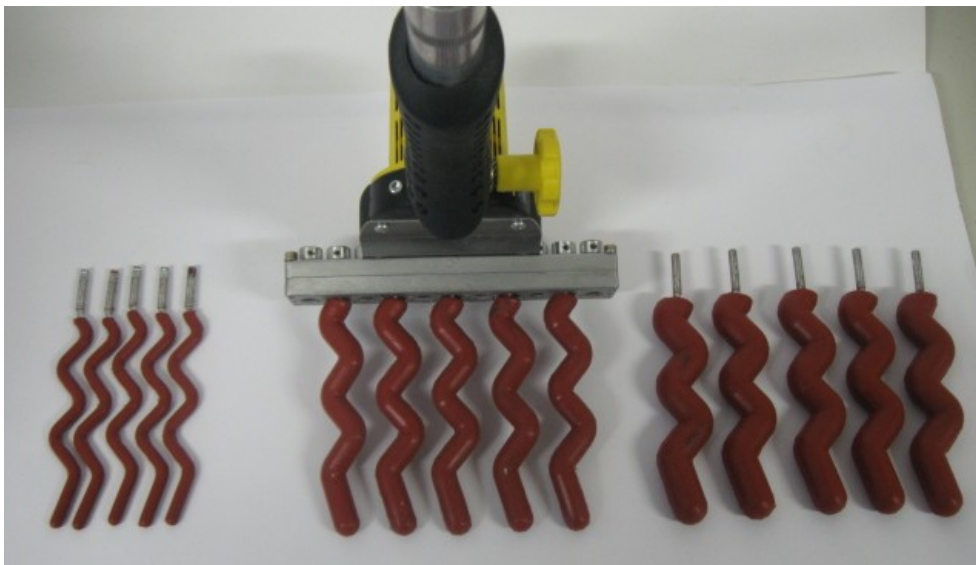


Figura 38. Particolare di onduline rivestite con Gomma naturale (Caucciù) con spessori da sinistra vs destra di 7 mm; 14 mm e 19 mm).

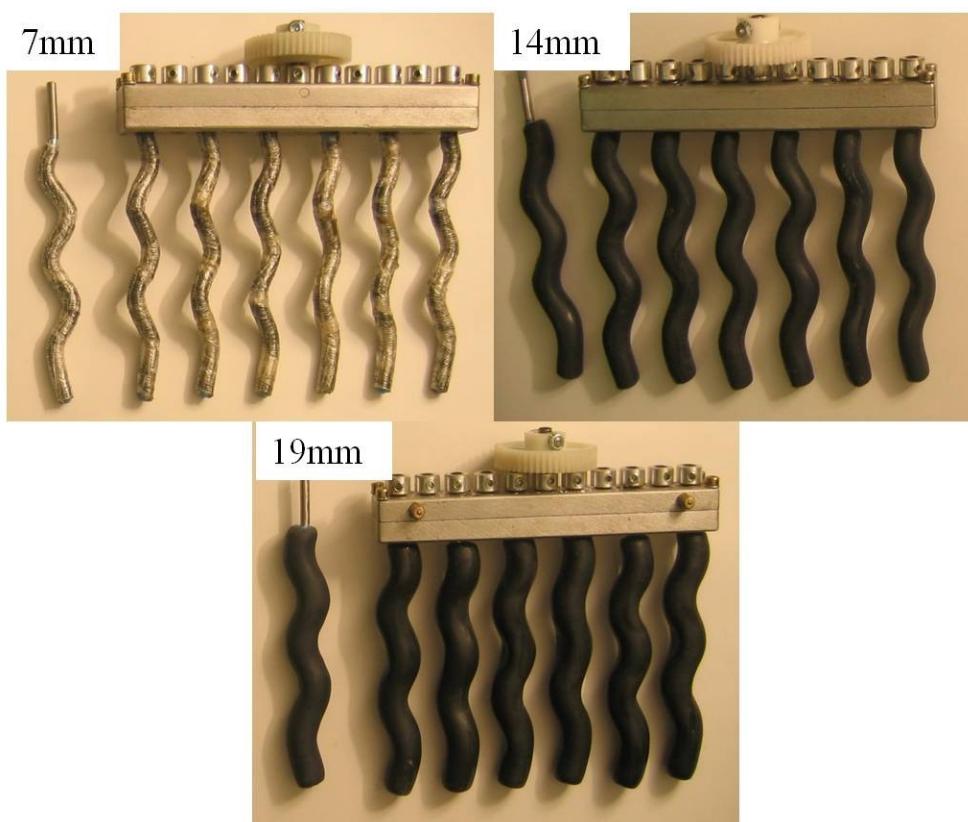


Figura 39. Particolare della testata di raccolta con le onduline, rivestite con gomma vulcanizzata (spessori da destra vs sinistra di 7-14-19 mm), derivate dalla prima esperienza sulla determinazione del danno sulle olive da mensa.

b. **Materiali plastici di rivestimento delle onduline.**

Per il rivestimento delle onduline sono stati scelti gli elastomeri, questi sono materiali di derivazione naturale o sintetica che hanno le proprietà chimico-fisiche tipiche della Gomma naturale (Caucciù).

La più importante di queste caratteristiche è la capacità di essere deformati, anche piuttosto intensamente, senza subire rotture per poi tornare alla forma originaria una volta cessata la sollecitazione meccanica. Tali polimeri vengono modellati nelle forme desiderate tramite estrusione o stampaggio a caldo e si suddividono in due classi principali:

- elastomeri termoplastici, in genere copolimeri di stirene e butadiene, poliolefine e co-poliesteri. Una volta stampati possono essere rimodellati se portati alla temperatura di transizione vetrosa (Tg) (Caucciù e Silicone);
- elastomeri termoindurenti: i quali vengono prodotti legando le catene di polimero le une alle altre attraverso reattivi chimici, temperatura e pressione in un processo chiamato vulcanizzazione. Questo procedimento impedisce la rimodellazione con riscaldamento una volta che la vulcanizzazione è avvenuta (Gomma vulcanizzata).

Per le nostre esigenze si è deciso di utilizzare per il rivestimento delle onduline la Gomma vulcanizzata, la Gomma naturale (Caucciù) ed il Silicone. Tali materiali hanno le seguenti caratteristiche di durezza in scala Shore (Tabella 8).

Tabella 8. Caratteristiche di durezza in scala Shore (Sh) dei materiali utilizzati nella sperimentazione, secondo la norma UNI EN ISO 868 del 2005.

Materiale	Sigla materiale	Scala di durezza in (Sh)
Gomma vulcanizzata	G	85 - 95
Gomma naturale (Caucciù)	C	45 – 55
Silicone	S	45 - 55

La normativa cui fa riferimento la metodologia di esecuzione per la durezza Shore è la norma internazionale UNI EN ISO 868 del 2005, questa utilizzata per la misura della durezza su elastomeri e gomme. Tale normativa prevede che la prova di durezza Shore sia basata sulla misura dell'altezza di rimbalzo di una piccola massa metallica, dotata di un puntale arrotondato in diamante, lasciata cadere contro la superficie in esame da un'altezza data.

c. **Piano sperimentale.**

Le variabili progettuali considerate ai fini dello sviluppo delle prove sperimentali nei tre anni di dottorato sono state:

- Velocità di rotazione (V1= 2000 rpm, V2= 3000 rpm, V3= 4000 rpm);
- Spessore del rivestimento (S1= 7 mm, S2= 14 mm, S3= 19 mm);
- Materiale di rivestimento (G= Gomma vulcanizzata, S= Silicone, C= Caucciù).

Il piano sperimentale nel primo anno prevedeva l'esecuzione di 27 prove, in doppio per un totale di 54 piante raccolte, al fine di testare tutte le possibili combinazioni delle 3 variabili come riportato in Tabella 9.

Tabella 9. Piano sperimentale prove raccolta Olivella Mini 105C, combinazione di Materiale di rivestimento onduline con Velocità di rotazione (rpm) e Spessore onduline (mm).

Sigle	Combinazioni S x V con Caucciù	Combinazioni S x V con Silicone	Combinazioni S x V con Gomma vulcanizzata
Spessore (mm)	S1 V1 C x2*	S1 V1 S	S1 V1 G
S1= 7 mm	S1 V2 C	S1 V2 S	S1 V2 G
S2= 14 mm	S1 V3 C	S1 V3 S	S1 V3 G
S3= 19 mm	S2 V1 C	S2 V1 S	S2 V1 G
Velocità (rpm)	S2 V2 C	S2 V2 S	S2 V2 G
V1 = 2000 rpm	S2 V3 C	S2 V3 S	S2 V3 G
V2 = 3000 rpm	S3 V1 C	S3 V1 S	S3 V1 G
V3 = 4000 rpm	S3 V2 C	S3 V2 S	S3 V2 G
	S3 V3 C	S3 V3 S	S3 V3 G
Materiale	C = Caucciù;	S = Silicone;	G= Gomma vulcanizzata
* Per ognuna della 27 prove sono state eseguite due repliche.			

d. **Determinazione parametri dimensionali.**

Per ogni tesi sono stati raccolti 3kg di olive che sono state calibrate con l'utilizzo di una calibratrice a fili divergenti (Fig. 40) e suddivise in classi in conformità alle direttive dell'International Oleic Council (COI/T.15/NC n. 1 Dicembre 2004) (Tabella 10). Questa norma si applica ai frutti dell'olivo coltivato (*Olea europaea L.*) sottoposti a trattamenti od operazioni appropriati e immessi in commercio ed al consumo finale come olive da tavola e prevede la calibratura delle olive in funzione del numero di frutti per chilogrammo. Il termine « olive da tavola » si applica ai prodotti:

- a) preparati con frutti sani provenienti da olivi coltivati (*Olea europaea L.*) appartenenti a varietà atte alla produzione di frutti da tavola, scelte tenendo conto dei

seguenti criteri: volume, forma, buon rapporto polpa/nocciolo, polpa fine di buona consistenza e sapore, con nocciolo facilmente distaccabile dalla polpa;

b) sottoposti a trattamento di deamarizzazione e conservati mediante fermentazione naturale o trattamento termico, con o senza agenti di conservazione;

c) confezionati con o senza liquido di governo.

	Caratteristiche tecniche	
	Modello:	G2500
	Capacità:	1000 kg/h
	Motore:	trifase
	Tensione:	230/380 V-50 Hz
	Calibri:	3/4
	Potenza:	0,75 Kw
	Dim. (larg. x lun. x h.):	800x3500x1150 mm

Figura 40. Calibratrice a fili divergenti utilizzata durante la sperimentazione (La Guspinese Impianti).

Tabella 10. Classi di calibro secondo direttiva COI/T.15/NC n. 1 Dicembre 2004.

Classe calibro	Numero olive in un kg	Limiti peso singola drupa per classe (g)
fuori calibro		> 16,67
1	60/70	16,67 - 14,29
2	71/80	14,29 - 12,50
3	81/90	12,50 - 11,11
4	91/100	11,11 - 10,00
5	101/110	10,00 - 9,09
6	111/120	9,09 - 8,33
7	121/140	8,33 - 7,14
8	141/160	7,14 - 6,25
9	161/180	6,25 - 5,56
10	181/200	5,56 - 5,00
11	201/230	5,00 - 4,35
12	231/260	4,35 - 3,85
13	261/290	3,85 - 3,45
14	291/320	3,45 - 3,13
15	321/350	3,13 - 2,86
16	351/380	2,86 - 2,63
17	381/410*	2,63 - 2,44
fuori calibro		< 2,44

e. **Metodologia proposta per il rilevamento e per la classificazione del danno causato durante le operazioni di raccolta sulle drupe.**

I danni alle olive da mensa sono stati valutati secondo la metodologia proposta da Paschino *et al.* (2010) e da Gambella *et al.* (2013) mentre il danno biologico è stato evidenziato in accordo con la metodologia proposta da Riquelme *et al.* (2008).

I campioni sono stati esposti all'aria ed alla temperatura ambiente di 25° per 24 ore (K. A. Segovia-Bravo *et al.* 2009), questo al fine di rendere evidenti i danni causati dagli urti avvenuti durante la raccolta sull'epicarpo dei frutti (Fig. 41). Il processo che porta alla manifestazione della colorazione brunastra delle aree danneggiate dell'epicarpo delle olive è quello della Polifenolossidasi (PPO). La PPO catalizza l'ossidazione degli o-diidrossi fenoli in o-chinoni e la condensazione di questi ultimi causa la comparsa dei pigmenti scuri (Martinez *et al.* 1995).

Dopo tale periodo di tempo ogni singolo frutto è stato sottoposto a controllo visivo in modo da valutare i danni subiti che sono stati da noi classificati in:

- (a) danni da cassetta, il margine della zona compromessa si presenta netto e di superficie ridotta;
- (b) danni da onduline, la superficie compromessa è maggiore, è evidente la depressione causata all'epicarpo dall'impatto;
- (c) danno da schiacciamento, la drupa si presenta notevolmente compromessa a causa dello schiacciamento tra i denti dell'agevolatrice.



Figura 41. Classificazione del danno subito dai frutti in seguito alla raccolta e dopo 24 ore di esposizione all'aria: (a) danno causato dall'impatto con il sistema di raccolta (cassetta di plastica); (b) danno causato dagli organi in movimento della raccoglitrice; (c) danno causato schiacciamento tra i denti della macchina.

f. **Trasformazione olive e controllo parametri chimici.**

Le olive raccolte nelle 27 prove sono state trasformate con il metodo alla Greca al naturale, il quale prevede la trasformazione delle olive da mensa verdi, per scopi commerciali. Tale processo di fermentazione prevede, sia a livello industriale che a livello artigianale, l'utilizzo di soluzioni di Cloruro di Sodio (NaCl) che vanno dall'8% al 14%. Con questo sistema si ha una deamarizzazione molto lenta e la fermentazione avviene principalmente ad opera dei lieviti anaerobi. Il processo nelle prime fasi porta alla produzione di notevoli quantità di CO₂, questo a causa di microrganismi aerobi che operano a pH elevati. Successivamente all'abbassarsi del pH, intorno a valori di 5, si instaura la fermentazione principale che è accompagnata dall'attività di batteri lattici eterofermentanti, questo processo porta ad una riduzione dell'acidità e quindi ad un aumento del pH (Piga *et al* 2000). Nel nostro caso si è scelto di utilizzare, per la trasformazione delle olive una concentrazione di NaCl di 8g/l per un periodo di 180 giorni. Durante tale periodo le salamoie sono state analizzate, a cadenza prefissata (3, 7, 15, 22, 45, 60, 90, 120, 150, 180 giorni), e sono stati misurati, secondo la normativa vigente (COI/OT/Doc. n.14 Novembre 2005), i seguenti parametri chimici: il pH, l'acidità libera (espressa in % di acido citrico) e la concentrazione in cloruri (%) questo al fine di valutare l'insorgenza di differenze imputabili alla diversa percentuale di frutti danneggiati presenti in ogni singolo campione. Al termine del processo di trasformazione le olive sono state controllate visivamente al fine di valutare l'insorgenza di fenomeni di mascheramento dei danni presenti sulle drupe (danno da cassetta (a) e danno da impatto con le onduline (b – c) (Fig. 39) dovuti al processo di deamarizzazione.

g. **Analisi Statistica.**

L'analisi statistica è stata eseguita utilizzando la procedura **General Linear Model** (GLM) con il software MiniTAB 16 Ltd. Il modello è stato applicato al danno da cassetta, da urto ed ai frutti integri utilizzando la funzione: $y=S+V+M+S*V+S*M+M*V$, combinando il danno percentuale indotto dal sistema di intercettazione (cassetta), il danno prodotto dagli organi di lavoro (onduline) e la percentuale di frutti integri ottenuti con le tre variabili operative (S; V ed M). Inoltre, sono state calcolate le rispettive interazioni tra i differenti parametri operativi (S*V; S*M; V*M). I confronti multipli sono stati svolti mediante il test di Tukey (confidenza = 95%).

7.1.2. Seconda fase della prototipazione della nuova testata di raccolta (III° anno).

a. Pettine di raccolta.

In seguito alle prove di raccolta, condotte nella prima fase di prototipazione della testata operatrice della macchina agevolatrice, sono state individuate due combinazioni di parametri operativi che presentavano caratteristiche ottimali in termini di produzione di frutti integri, tali combinazioni erano la S2V2S (S2=14 mm, V2=3000 rpm, S= Silicone) e la S3V2S (S3=19 mm, V2=3000 rpm, S= Silicone) le quali presentavano rispettivamente il 94,73% ed il 93,23% di frutti integri. Nella seconda fase della prototipazione, si è scelto di utilizzare tali combinazioni di parametri operativi al fine di confermare l'eventuale efficacia in termini di riduzione della percentuale di frutti danneggiati (Fig. 42).

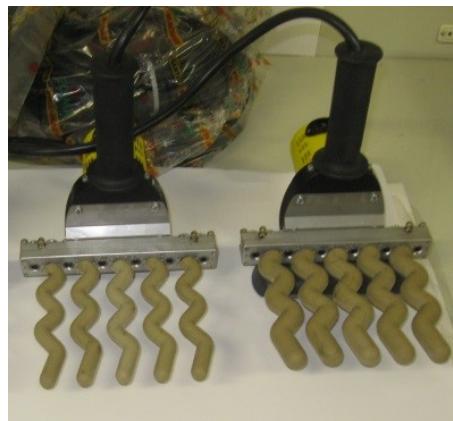
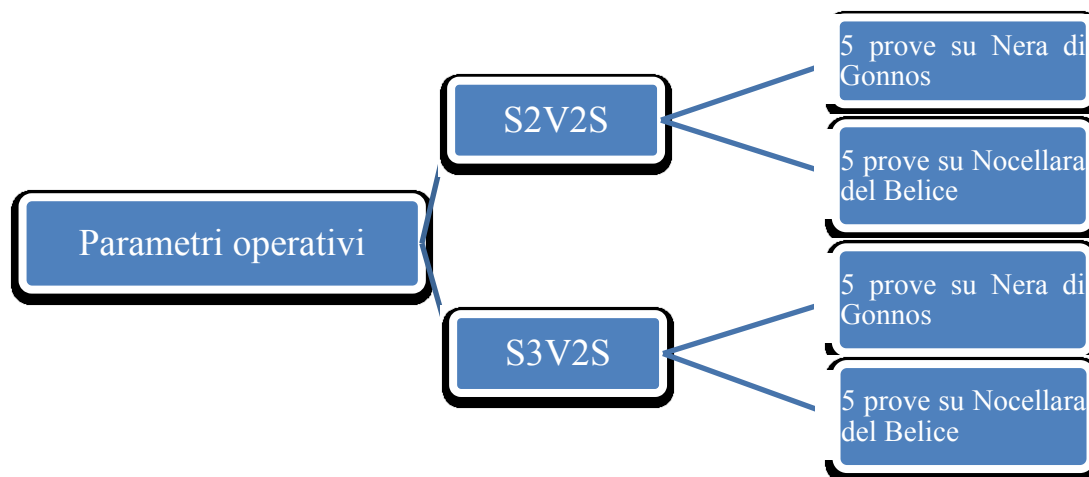


Figura 42. Macchina per la raccolta agevolata Olivella Mini 105C COIMA con a sinistra le onduline di silicone del diametro di 14 mm e a destra quelle del diametro di 19 mm.

b. Piano sperimentale.

Il piano sperimentale adottato ha previsto la ripetizione delle prove di raccolta con l'utilizzo di due combinazioni di parametri operativi S2V2S e S3V2S. Durante la sperimentazione sono state eseguite cinque repliche “varietà x combinazione” per un totale di 20 campionamenti (Tabella 11).

Tabella 11. Piano sperimentale prove raccolta Olivella Mini 105C, combinazioni di parametri operativi (S2V2S e S3V2S) individuate nelle sperimentazioni delle annate precedenti.



Come sistema di intercettazione delle drupe, a differenza di quanto avvenuto in precedenza, sono state utilizzate le reti a terra e non le cassette di plastica, questo in modo da limitare al massimo la percentuale di frutti danneggiati non imputabili direttamente all'utilizzo della macchina agevolatrice.

c. **Valutazione forze di distacco**

Per valutare l'efficienza della macchina agevolatrice, utilizzata durante le operazioni di raccolta, si è reso necessario misurare le forze di distacco le quali sono state determinate tramite l'utilizzo del dinamometro portatile Imada DPS-5, con cella di carico della capacità di 0 N – 50 N ed una risoluzione $\pm 0,2\%$ del fondo scala, e secondo le metodologie proposte da Sessiz *et al.* (2006) e Blanco-Roldàn *et al.* (2013) (Fig. 43). Le sonde (forchette) sono state realizzate in laboratorio per meglio adattarsi alle caratteristiche delle drupe (Fig. 44). La misurazione della forza di distacco avveniva nel seguente modo: l'operatore posizionava le drupe all'interno della forchetta mantenendo in tensione il ramo con la mano libera dal dinamometro esercitava uno sforzo controllato sino al distacco della drupa. Per ogni cultivar sono stati raccolti 100 campioni e sono state determinate le forze di distacco su ogni singolo frutto.



Figura 43. Dinamometro portatile Imada DPS-5.

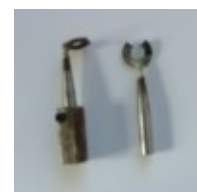


Figura 44. Sonde costruite per la determinazione delle forze di distacco in campo.

d. **Caratterizzazione meccanica delle drupe**

La caratterizzazione della resistenza meccanica dei frutti alla compressione è stata eseguita allo scopo di valutare la resistenza al danno durante le operazioni di raccolta. Il Texture Analyzer è uno stativo motorizzato chiamato “Low Force Plus 500” LF Plus 500 prodotto dalla Chatillon (Fig. 45). Lo stativo motorizzato è dotato di una cella di carico da 0 N - 500 N (50 kgf) alla quale vengono applicate le sonde metalliche che entrano in contatto con i frutti agendo su di essi.



Figura 45. Stativo motorizzato mod LF Plus 500 Chatillon.

Il sistema è accoppiato ad un personal computer sul quale è installato un software (Ondio) il quale consente la lettura e l'elaborazione degli impulsi provenienti dalla cella di carico e li trasforma in dati numerici e grafici (Fig. 46).

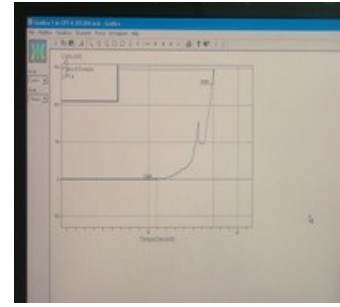


Figura 46. Esempio di elaborazione grafica con il software Ondio.

Le prove sono state eseguite secondo le metodologie proposte da Peleg (1979), Schmilovitch *et al.* (2000), Troncoso-Rojas *et al.* (2005), Kiliçkan *et al.* (2007) e Perez-Tello *et al.* (2009).

Nell'esecuzione dei test di compressione sono state eseguite due differenti prove:

- **Il test “compressione rottura 40-0650”:**

Il test eseguito ha la funzione di valutare la resistenza alla rottura delle drupe sottoposte a compressione con un carico crescente. Durante l'esecuzione delle prove le olive vengono compresse da una sonda metallica, collegata alla cella di carico, di forma cilindrica che ha un diametro di 10 mm, la quale penetra nel frutto fino alla rottura dello stesso (Fig. 47).

I valori di impostazione del test sono stati:

Velocità di discesa della traversa motorizzata: 40 mm/min;

Frattura (rileva la rottura quando si ha un cedimento del frutto sottoposto a compressione): il carico cede fino al 95% del carico imposto;

Rilevazione di rottura: 10 kgf;

Limite compressione (parametro di protezione della macchina che limita la forza esercitata): 40 kgf.

Il test è stato eseguito, su tre varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) con 20 ripetizioni per cv;



Figura 47. Texture Analyzer Chatillon mod. LF Plus 500. Prova “Compressione Rottura 40-0650”, particolare dell'esecuzione della prova con puntale in acciaio a sezione circolare del diametro di 10 mm.

- **Il test “compressione carico imposto 40-0651”:**

Il test eseguito ha la funzione di valutare la resistenza delle drupe sottoposte a compressione con delle intensità di carico preimpostate e crescenti e la differenze di comportamento tra le tre varietà oggetto di studio (Tonda di Cagliari, Nocellara del Belice e Nera di Gonnos). Durante l’esecuzione delle prove le drupe vengono compresse da una sonda metallica, collegata alla cella di carico, di forma a gancio con sezione circolare e dal diametro di 6,3 mm la quale esercita una pressione sul frutto con un intensità prestabilita (Fig. 48).

I valori di impostazione del test sono stati:

Velocità di discesa della traversa motorizzata: 40 mm/min;

I carichi massimi preimpostati con i quali eseguire le prove sono stati di 5 kgf, 7 kgf e 9 kgf.

In totale sono state eseguite 30 ripetizioni per ciascuna delle cv (per un totale di 90 prove) di cui 10 per ognuno dei carichi prefissati (5-7-9 kgf).

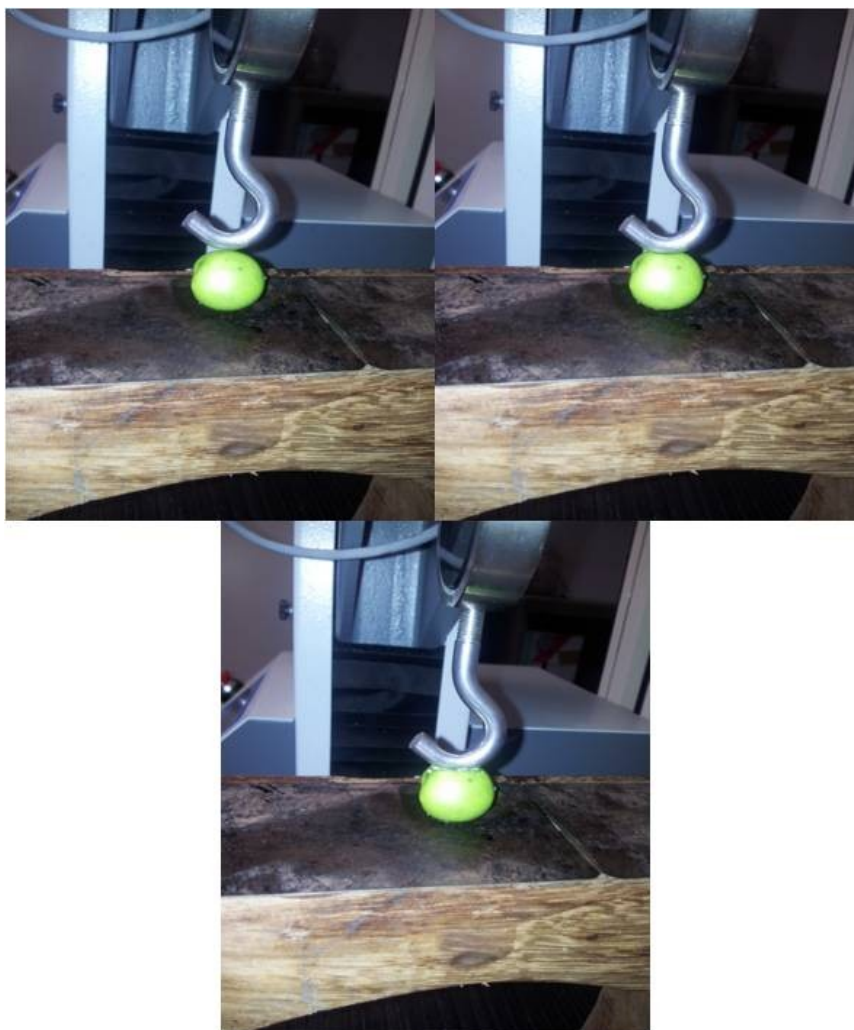


Figura 48. Texture Analyzer Chatillon mod. LF Plus 500. Prova “Compressione carico imposto 40-0651”, particolare dell’esecuzione della prova con puntale in acciaio a forma di gancio con sezione circolare del diametro di 6,3 mm.

7.2. La misura delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (Hand Arm Vibration) HAV.

a. Misurazione delle vibrazioni.

La misurazione delle vibrazioni mano-braccio per gli elettrotensili è stabilita in accordo con la normativa EN 60745. La norma EN 60745 stabilisce che le misurazioni devono avvenire in 3 direzioni (misurazione triassiale X; Y; Z) delle vibrazioni (Fig. 49). Questo metodo permette di ottenere le reali vibrazioni che l'operatore riceve durante l'uso di queste attrezzature: in passato veniva utilizzato la misurazione ad un solo asse, meno precisa della attuale. Tale metodo di valutazione è oggi reso obbligatorio per la misurazione delle vibrazioni fatta da tutti i produttori di elettrotensili.

b. La strumentazione di misura.

La catena di misura era composta da un acquirettore di vibrazioni specifico per il corpo umano ed un accelerometro triassiale. L'acquirettore di vibrazioni, della ditta Larson Davis, modello HVM100 (Fig. 50a), è stato impiegato per condurre le misure relative al segmento mano-braccio (esposizione da uso di utensili vibranti). Tutta la strumentazione è conforme alla norma internazionali di riferimento ISO 8041-1:1999 relativa alla strumentazione di misura per le vibrazioni sul corpo umano. E' stato impiegato con un accelerometro triassiale, che permette di misurare le vibrazione lungo i tre assi (x, y e z) simultaneamente. Questo accelerometro è del tipo ICP della ditta PCB modello SEN020 che ha una sensibilità di 1 mV/g ed una massa di 10g.

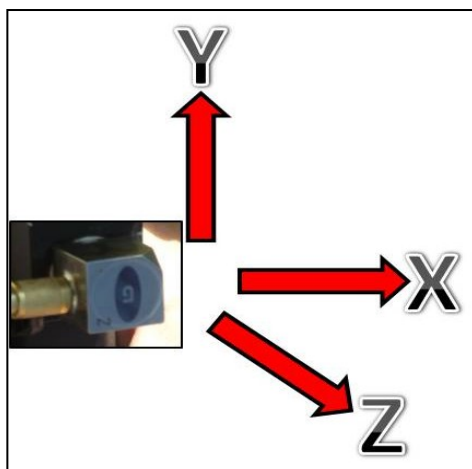


Figura 49. Cella di carico e Direzione di misurazione delle vibrazioni lungo i tre assi cartesiani secondo la norma EN 60745 ed espresse secondo la somma dei quadrati ($m/s^2 = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$).

c. **La posizione dell'accelerometro.**

La scelta della posizione dell'accelerometro è ricaduta sulla parte superiore dell'impugnatura, in quanto è la posizione in cui è possibile misurare la quantità di vibrazioni che vengono assorbite all'interno della mano dell'operatore (Fig. 50b). L'accelerometro è stato fissato mediante un supporto apposito all'impugnatura con una fascetta metallica (Fig. 50c).



Figura 50a, 50b, 50c. L'accelerometro triassiale, accoppiato con l'acquisitore di vibrazioni HVM100 (Larson-Davis) è stato fissato sulla parte superiore dell'impugnatura, mediante un supporto metallico tenuto da una fascetta metallica, in quanto questa è la posizione in cui è possibile misurare dove la vibrazione entra all'interno della mano.

d. **Limiti per l'esposizione alle vibrazioni e le formule utilizzate per il calcolo dell' A(8) (esposizione giornaliera).**

I limiti di esposizione sono calcolati come combinazione del livello di vibrazione (magnitudo) dell'utensile e il tempo di esposizione giornaliero. Ad esempio: un prodotto con un livello di vibrazioni pari a 5 m/s^2 potrà essere utilizzato in totale sicurezza fino ad un massimo di 2 ore al giorno (nel rispetto del Valore d'Azione Giornaliero di Esposizione) e fino a 8 ore al giorno come Valore Limite Giornaliero di esposizione.

Il VALORE D'AZIONE GIORNALIERO (EAV), normalizzato ad un periodo di riferimento di 8 ore, che fa scattare l'azione è pari a 2.5 m/s^2 . Se le vibrazioni sono al di sotto del valore EAV, il rischio da vibrazioni è molto basso e quindi nessuna azione di controllo e valutazione dovrà essere intrapresa.

Il VALORE LIMITE DI ESPOSIZIONE GIORNALIERO (ELV), normalizzato ad un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 5 m/s^2 . Se durante le 8 ore verranno utilizzate più attrezzature, i valori di esposizione alle vibrazioni meccaniche dovranno essere sommati: ottenendo dunque il tempo totale di esposizione giornaliero.

Nel seguito per comodità il termine $a_{hv(eq,8h)}$ è indicato semplicemente con A(8):

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Dove:

- T è la durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni a_{hv} ;
- T_0 è la durata di riferimento di 8 h (28800 s).

Il lavoro è tale che l'esposizione totale giornaliera alle vibrazioni è costituita da diverse operazioni con grandezze di vibrazioni diverse l'esposizione alle vibrazioni del quotidiano, A (8), si ottiene utilizzando l'equazione:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hVi} T_i}$$

Dove:

- a_{hVi} è il valore complessivo di vibrazione per il funzionamento i dell'operazione;
- n è il numero individuale dell'esposizione alle vibrazioni;
- T_i è la durata i dell'operazione.

e. **Piano sperimentale**

• **Prima fase della sperimentazione.**

Nella prima sono stati misurati i valori di accelerazione ponderata globale (m/s^2) nelle seguenti condizioni operative:

- posizione stazionaria della macchina agevolatrice con rotazione a vuoto delle onduline: sono state valutate tutte le 27 possibili combinazioni date dall'interazione degli spessori (7 mm, 14 mm, 19 mm), delle velocità di rotazione (2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm) e dei materiali di rivestimento utilizzati (Caucciù, Gomma vulcanizzata, Silicone) (Tabella 9).
- pettinamento con la macchina agevolatrice su Ligustro (*Ligustrum vulgare L.*) ripetendo lo schema proposto per l'esecuzione delle 27 prove di raccolta (Tabella 9).
- pettinamento con la macchina agevolatrice su Olivo (*Olea Europea L.*), in questo caso si è optato per effettuare le prove combinando la velocità di rotazione più elevata (4000 rpm), con i tre spessori del materiale di rivestimento delle onduline (7 mm, 14 mm, 19 mm) ed i tre materiali di rivestimento (Caucciù, Gomma vulcanizzata, Silicone) (Tabella 12).

Tabella 12. Piano sperimentale misurazione accelerazione ponderata globale (m/s²) su Olivo. Esecuzione prove con tre calibri (7, 14, 19 mm), tre materiali di rivestimento (Caucciù, Gomma Vulcanizzata e Silicone) e velocità di rotazione a 4000 rpm.

Ondulina	Spessore (mm)	Condizione operativa (rpm)	Posizione di lavoro
B=Silicone	7	4000	pettinamento
R=Caucciù			
N=Gomma vulcanizzata			
B=Silicone	14	4000	pettinamento
R=Caucciù			
N=Gomma vulcanizzata			
B=Silicone	19	4000	pettinamento
R=Caucciù			
N=Gomma vulcanizzata			

- **Seconda fase della sperimentazione.**

Nella seconda fase della sperimentazione sono stati misurati i valori di accelerazione ponderata globale (m/s²), su tre operatori differenti, rilevati durante prove di raccolta ed eseguite su due varietà (Nera di Gonnos e Nocellara del Belice) con le due combinazioni di parametri operativi (S2V2S e S3V2S) individuate nella prima fase della sperimentazione. Le due combinazioni prevedevano l'utilizzo del Silicone come materiale di rivestimento delle onduline agli spessori di 14 mm e 19 mm e con la variabile operativa velocità di rotazione impostata a 3000 rpm (Tabella 13).

Tabella 13. Piano sperimentale misurazione accelerazione ponderata globale (m/s²) su Olivo. Esecuzione prove con due calibri (14 e 19 mm), materiale di rivestimento Silicone e velocità di rotazione a 3000 rpm.

Operatori	Varietà	Spessore
A	Nera di Gonnos	14mm
		19mm
	Nocellara del Belice	14mm
		19mm
B	Nera di Gonnos	14mm
		19mm
	Nocellara del Belice	14mm
		19mm
C	Nera di Gonnos	14mm
		19mm
	Nocellara del Belice	14mm
		19mm

f. **Analisi statistica.**

I dati di tutte le prove effettuate sono stati analizzati statisticamente con il software Minitab 16, mediante l'analisi di varianza semplice (ANOVA) confrontando il risultato delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio nelle diverse condizioni operative utilizzate (2000 g/min; 3000 g/min e 4000 g/min), dei diversi materiali utilizzati (caucciù, silicone e gomma vulcanizzata) e dei diversi spessori di protezione prodotti (7 mm; 14 mm e 19 mm). Le medie sono state separate con il test di Kruskal-Wallis con un p-value $\geq 0,05$.

8. RISULTATI E DISCUSSIONI.

8.1. Prototipazione della nuova testata di raccolta.

8.1.1. Prima fase della sperimentazione (I° e II° anno).

a. Calibratura delle drupe raccolte.

La classificazione COI delle drupe raccolte è riportata in Tabella 14. Sul totale di 54 piante raccolte, la classe 9 è rappresentata per il 25%, le classi 10 e 11 per il 31% e la classe 12 per il restante 13% dei campioni. Dai dati riportati in tabella, riguardanti il peso medio percentuale di 100 drupe, si evidenzia che la classe di calibro 9 presenta una percentuale di drupe tra i 3g-4g del 52% ed una percentuale di frutti tra 5g-6g del 48%. La classe 10 presenta una percentuale di drupe tra i 3g-4g del 54% ed una percentuale di frutti tra 5g-6g del 46%. La classe di calibro 11 presenta una percentuale di drupe tra i 3g-4g del 66% ed una percentuale di frutti tra 5g-6g del 34%. La classe di calibro 12 presenta una percentuale di drupe tra i 3g-4g del 63% ed una percentuale di frutti tra 5g-6g del 37%.

Tabella 14. Classificazione delle drupe in accordo con lo standard COI, n° campioni, n° drupe per classe, classi, n° campioni per classe, valore percentuale di ogni classe e peso percentuale delle classi.

Numero totale di campioni raccolti	Numero di drupe per classe	Classi	Numero di campioni per classe	Valore percentuale di ogni classe sul totale campioni raccolti	Peso medio percentuale di 100 drupe per classe di calibro	
					3g-4g	5g-6g
(n°)	(n° drupe/kg)	(COI)	(COI)	(%)	(%)	(%)
54	161/180	9	13	25	52	48
	181/200	10	17	31	54	46
	201/230	11	17	31	66	34
	231/260	12	7	13	63	37
Totale	-	-	54	100		

b. Analisi forze di distacco dei frutti.

La valutazione e la relativa analisi statistica riferita alle forze di distacco dei frutti, (espressa in chilogrammi forza – kgf) di tre varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) nella prima fase della sperimentazione evidenzia come vi siano differenze statisticamente significative tra le tre varietà oggetto di studio. I valori medi, calcolati su 100 campioni per cv sono risultati di 0,51 kgf per la cv Nera di Gonnos, di 0,65 kgf per la cv Nocellara del Belice e di 0,33 kgf per la Tonda di Cagliari (Tabella 15).

Tabella 15. Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari e forze di distacco dei frutti valutate su 100 campioni per cv.

Varietà	Valori forze di distacco frutti (kgf)
Nera di Gonnos	0,51 ^a
Nocellara del Belice	0,65 ^b
Tonda di Cagliari	0,33 ^c

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.005$).

c. Danno da cassetta.

L'analisi per il danno da cassetta, presenta differenze statisticamente significative ($p \leq 0,005$) solo per il tipo di materiale usato come rivestimento delle onduline della macchina agevolatrice (Tabella 16). I dati, evidenziati nella tabella, ascrivibili alle variabili velocità di rotazione (V) e spessore (S) non hanno mostrato differenze statisticamente significative.

- La percentuale di danno prodotta dall'utilizzo di differenti spessori di rivestimento non è significativa ed i valori sono pari al 14,62% per S1, al 16,58% per S2 e 13,51% per S3.

- I valori delle percentuali di frutti con danno da cassetta imputabili al fattore velocità di rotazione non mostrano differenze significative e variano dall' 11,68% per la velocità V1, al 14,08% per la velocità V2 ed al 18,96% per la velocità V3.

- I valori relativi all'utilizzo della gomma vulcanizzata (5,34%) sono significativamente differenti nella percentuale di danno rispetto a quelli riscontrati con l'utilizzo degli altri due materiali di rivestimento Caucciù 19,89% e Silicone 19,48%.

Tabella 16. Analisi della varianza del danno da cassetta, danno da impatto e frutti intatti. Dati raggruppati tramite metodo Tukey è intervallo di confidenza del 95%.

Spessore	Cassetta	Impatto	Frutti intatti
S1	14,62 ^{n.s.}	34,49 ^a	36,75 ^a
S2	16,58 ^{n.s.}	24,94 ^b	56,00 ^b
S3	13,51 ^{n.s.}	20,13 ^b	61,80 ^b
Velocità (rpm)			
V1	11,68 ^{n.s.}	23,36 ^{n.s.}	62,31 ^b
V2	14,08 ^{n.s.}	21,64 ^{n.s.}	56,07 ^b
V3	18,96 ^{n.s.}	34,56 ^{n.s.}	36,16 ^a
Materiale (Tipo)			
C	19,89 ^a	27,83 ^{n.s.}	47,38 ^{n.s.}
G	5,34 ^b	30,39 ^{n.s.}	50,26 ^{n.s.}
S	19,48 ^a	21,39 ^{n.s.}	56,91 ^{n.s.}

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.005$).

L'elevata percentuale di danno, imputabile all'impatto delle drupe con la cassetta, utilizzata come sistema di intercettazione durante la raccolta, può essere ridotta con l'utilizzo di un sistema di intercettazione ad ombrello rovesciato montato su un piccolo carrello adottabile anche su impianti non intensivi o di dimensioni limitate simile a quello prodotto dalla ditta Australiana Crendon Machinery (Fig. 51; 52).



Figura 51. Sistema di intercettazione ad ombrello rovesciato, modelli con differenti diametri (6,5m; 5,5m; e 4m)



Figura 52. Sistema di intercettazione a ombrello rovesciato Olinet prodotto dalla ditta Australiana Crendon Machinery.

L'utilizzo di un diverso sistema di intercettazione ridurrebbe, infatti, la quota imputabile al danno da cassetta che varia, per tutte le 27 combinazioni utilizzate per la macchina agevolatrice, da un minimo di 0% per la tesi S1V3G ad un massimo del 56,30% per la tesi S2V3S portando la percentuale di frutti intatti, ottenuti con la raccolta agevolata, a valori comparabili con quelli riscontrati nella raccolta manuale (80% - 85%). Tali considerazioni si rendono ancora più evidenti se si analizzano i dati riferiti alle percentuali di frutti danneggiati (danno da cassetta e danno da impatto) e di frutti integri su tutte le 27 tesi raccolte (Tabella 17). Alcune combinazioni dei parametri, velocità di rotazione (rpm), spessore (mm) e durezza del materiale di rivestimento utilizzato, evidenziano percentuali di frutti integri superiori al 70%, 12 tesi su 27, come evidenziato nella Tabella 18. Utilizzando il sistema di intercettazione con reti a terra o ad ombrello rovesciato, si sarebbe annullato il danno da cassetta portando la percentuale di frutti intatti a valori superiori al 70% in 17 tesi su 27 (Tabella 19). Tale limite è stato da noi considerato come valore minimo per assicurare una buona percentuale di frutti da destinare alla trasformazione. L'eliminazione del danno da cassetta può portare, quindi, la percentuale di tesi potenzialmente trasformabili (con almeno il 70% di frutti integri) dal 44,4% sul totale (12 tesi su 27) al 63% sul totale (17 tesi su 27).

Tabella 17. Dati relativi alle percentuali di frutti con danno biologico, da cassetta, da impatto e frutti intatti.

Materiali	TESI	Danno biologico (%)	Cassetta (%)	Impatto (%)	Frutti integri (%)
Gomma Naturale (Caucciù)	S1 V1 C	2,57	31,14	47,14	19,14
	S1 V2 C	2,33	22,22	59,17	16,28
	S1 V3 C	1,83	14,36	63,45	20,37
	S2 V1 C	8,37	10,58	4,90	76,15
	S2 V2 C	3,81	4,87	1,06	90,25
	S2 V3 C	3,79	56,27	18,66	21,28
	S3 V1 C	2,80	8,54	4,48	84,17
	S3 V2 C	5,82	11,09	2,91	80,18
	S3 V3 C	4,39	53,51	22,22	19,88
Silicone	S1 V1 S	1,55	32,30	42,12	24,03
	S1 V2 S	2,93	31,38	46,01	19,68
	S1 V3 S	5,09	26,72	48,60	19,59
	S2 V1 S	8,64	10,81	2,55	78,00
	S2 V2 S	2,18	20,18	3,09	74,55
	S2 V3 S	3,81	56,30	18,48	21,41
	S3 V1 S	4,87	7,72	1,68	85,74
	S3 V2 S	4,62	6,60	2,15	86,63
	S3 V3 S	1,69	55,9	24,16	18,26
Gomma Vulcanizzata	S1 V1 G	1,80	1,13	19,26	77,59
	S1 V2 G	2,98	0,62	11,21	85,19
	S1 V3 G	2,07	0,00	9,54	88,39
	S2 V1 G	2,82	20,06	37,85	39,27
	S2 V2 G	0,74	23,34	39,07	36,86
	S2 V3 G	8,62	12,11	70,64	8,62
	S3 V1 G	2,86	8,73	4,58	83,83
	S3 V2 G	0,45	10,85	23,63	65,08
	S3 V3 G	0,23	8,43	82,44	8,90

Tabella 18. Combinazione dei parametri velocità di rotazione, spessore e durezza del materiale con % di frutti integri superiore almeno al 70%.

Materiale	TESI	Danno biologico (%)	Cassetta (%)	Impatto (%)	Frutti integri (%)
Caucciù	S2 V1 C	8,37	10,58	4,90	76,15
	S2 V2 C	3,81	4,87	1,06	90,25
	S3 V1 C	2,80	8,54	4,48	84,17
	S3 V2 C	5,82	11,09	2,91	80,18
Silicone	S2 V1 S	8,64	10,81	2,55	78,00
	S2 V2 S	2,18	20,18	3,09	74,55
	S3 V1 S	4,87	7,72	1,68	85,74
	S3 V2 S	4,62	6,60	2,15	86,63
Gomma vulcanizzata	S1 V1 G	1,80	1,13	19,26	77,59
	S1 V2 G	2,98	0,62	11,21	85,19
	S1 V3 G	2,07	0,00	9,54	88,39
	S3 V1 G	2,86	8,73	4,58	83,83

Tabella 19. Combinazione dei parametri, velocità di rotazione, spessore e durezza del materiale, con sommatoria delle percentuali di frutti integri e drupe con danno da cassetta superiore al 70%.

Materiale	TESI	Danno biologico (%)	Impatto (%)	Frutti integri + Cassetta (%)
Caucciù	S2 V1 C	8,37	4,90	86,73
	S2 V2 C	3,81	1,06	95,12
	S2 V3 C	3,79	18,66	77,55
	S3 V1 C	2,80	4,48	92,71
	S3 V2 C	5,82	2,91	91,27
	S3 V3 C	4,39	22,22	73,39
Silicone	S2 V1 S	8,64	2,55	88,81
	S2 V2 S	2,18	3,09	94,73
	S2 V3 S	3,81	18,48	77,71
	S3 V1 S	4,87	1,68	93,46
	S3 V2 S	4,62	2,15	93,23
	S3 V3 S	1,69	24,16	74,16
Gomma vulcanizzata	S1 V1 G	1,80	19,26	78,72
	S1 V2 G	2,98	11,21	85,81
	S1 V3 G	2,07	9,54	88,39
	S3 V1 G	2,86	4,58	92,56
	S3 V2 G	0,45	23,63	75,93

d. Danno da impatto.

L'analisi delle percentuali riguardanti il danno da impatto mostra differenze statisticamente significative solo per la componente legata agli spessori dei rivestimenti dei denti metallici ($p=0.005$) (Tabella 16). I valori variano dal 34,49% per lo spessore S1 a valori più bassi di 24,94% per lo spessore S2 ed al 20,13% per lo spessore S3. Le percentuali di danno da impatto imputabili al fattore velocità di rotazione variano dal 23,26% alla velocità V1 al 21,64% per la velocità V2 ad un 34,56% per la velocità V3. Per quanto riguarda il tipo di elastomero utilizzato, la gomma vulcanizzata causa una percentuale di danno in valore assoluto più alta 30,39% rispetto al caucciù 27,83% ed al silicone 21,39%. A questo proposito vi è da rilevare come la gomma vulcanizzata abbia delle proprietà elastiche decisamente differenti (scala Shore 85-95), rispetto sia al silicone che alla gomma naturale (scala Shore 45-55), in quanto si presenta più rigida.

Tabella 16. Analisi della varianza del danno da cassetta, danno da impatto e frutti intatti. Dati raggruppati tramite metodo Tukey è intervallo di confidenza del 95%.

Spessore	Cassetta	Impatto	Frutti intatti
S1	14,62 ^{n.s.}	34,49 ^a	36,75 ^a
S2	16,58 ^{n.s.}	24,94 ^b	56,00 ^b
S3	13,51 ^{n.s.}	20,13 ^b	61,80 ^b
Velocità (rpm)			
V1	11,68 ^{n.s.}	23,36 ^{n.s.}	62,31 ^b
V2	14,08 ^{n.s.}	21,64 ^{n.s.}	56,07 ^b
V3	18,96 ^{n.s.}	34,56 ^{n.s.}	36,16 ^a
Materiale (Tipo)			
C	19,89 ^a	27,83 ^{n.s.}	47,38 ^{n.s.}
G	5,34 ^b	30,39 ^{n.s.}	50,26 ^{n.s.}
S	19,48 ^a	21,39 ^{n.s.}	56,91 ^{n.s.}

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.005$)

e. Frutti intatti.

L'analisi statistica delle percentuali di frutti intatti (Tabella 16) mostra differenze significative per i valori imputabili allo spessore ed alla velocità di rotazione, la variabile materiale di rivestimento, invece, non evidenzia variazioni statistiche. Come riportato in tabella l'uso di onduline rivestite con spessori 7 mm (S1) produce un minore numero di frutti integri 36,75% contro il 56% degli spessori 14 mm (S2) ed il 61,80% per gli spessori 19 mm (S3). Il fattore spessore si dimostra essere un elemento determinante nella produzione di frutti integri, infatti, un adeguato spessore dello strato di rivestimento preserva le drupe dai danni meccanici originati dall'impatto degli organi in movimento della macchina agevolatrice. I valori di frutti intatti ottenuti con le 3 differenti velocità variano da un 63,31% per V1 ad un 56,07% per V2 ed al 36,16% per V3. Anche qui vi è da notare come con l'aumento della velocità di rotazione, passando da 2000 rpm (V1) a 4000 rpm (V3), si abbia un aumento considerevole della percentuale di frutti danneggiati. Per quanto riguarda le percentuali di frutti intatti, relative all'elastomero utilizzato come rivestimento, queste sono pari al 47,38% per il caucciù (C), al 50,26% per la gomma vulcanizzata (G) ed al 56,91% per il silicone (S).

Tabella 16. Analisi della varianza del danno da cassetta, danno da impatto e frutti intatti. Dati raggruppati tramite metodo Tukey è intervallo di confidenza del 95%.

Spessore	Cassetta	Impatto	Frutti intatti
S1	14,62 ^{n.s.}	34,49 ^a	36,75 ^a
S2	16,58 ^{n.s.}	24,94 ^b	56,00 ^b
S3	13,51 ^{n.s.}	20,13 ^b	61,80 ^b
Velocità (rpm)			
V1	11,68 ^{n.s.}	23,36 ^{n.s.}	62,31 ^b
V2	14,08 ^{n.s.}	21,64 ^{n.s.}	56,07 ^b
V3	18,96 ^{n.s.}	34,56 ^{n.s.}	36,16 ^a
Materiale (Tipo)			
C	19,89 ^a	27,83 ^{n.s.}	47,38 ^{n.s.}
G	5,34 ^b	30,39 ^{n.s.}	50,26 ^{n.s.}
S	19,48 ^a	21,39 ^{n.s.}	56,91 ^{n.s.}

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.005$).

f. Analisi dell'interazione tra le tre variabili Spessore, Velocità e Materiale di rivestimento (SxV; SxM e VxM).

Lo studio delle possibili combinazioni tra le differenti condizioni operative ha mostrato come solo l'interazione delle variabili Spessore e Materiale abbia dato risultati significativamente rilevanti ($p \leq 0,005$) (Tabella 20).

Valutando i dati relativi all'interazione tra il materiale di rivestimento Caucciù e gli spessori (S1, S2, S3) si evidenzia come vi siano differenze statisticamente significative tra i valori riportati, infatti, gli spessori S1 con il 63,80% ed S2 con il 60,80% presentano percentuali di frutti integri nettamente maggiori rispetto allo spessore S3 che con il 17,60% mostra il valore più basso. Per quanto riguarda il materiale di rivestimento Gomma Vulcanizzata si evidenzia come non vi siano differenze statisticamente significative tra i valori riscontrati con i differenti spessori, con valori per S1 del 54,10%, di S2 del 54,40% e di S3 del 42,20% di frutti integri. In ultima analisi, per quanto riguarda il materiale di rivestimento Silicone si evidenzia come i valori riscontrati con gli spessori S1 67,50% ed S2 65,00% siano statisticamente differenti rispetto al valore riscontrato con S3 38,20%. Notiamo come in linea di massima sia il Caucciù che il Silicone mostrano comportamenti simili in quanto ad un incremento dello spessore del materiale di rivestimento corrisponde una riduzione della percentuale di frutti integri, mentre per quanto riguarda la Gomma vulcanizzata i valori non variano in maniera altrettanto netta.

Tabella 20. Valore percentuale dei frutti intatti raccolti con denti rivestiti da diversi materiali: gomma naturale (C); gomma vulcanizzata (G) e Silicone (S).

Spessore	Percentuale di frutti intatti (Caucciù)	Percentuale di frutti intatti (Gomma vulcanizzata)	Percentuale di frutti intatti (Silicone)
S1	63,80 ^a	54,10 ^{ab}	67,50 ^a
S2	60,80 ^{ab}	54,40 ^{ab}	65,00 ^a
S3	17,60 ^b	42,20 ^{ab}	38,20 ^{ab}

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0,005$).

Questo fenomeno è da ascrivere alle caratteristiche elastiche dei materiali di rivestimento, infatti sia il Silicone che il Caucciù hanno in termini di durezza un valore espresso in scala Shore (Sh: 45-55) nettamente più basso rispetto al valore della Gomma vulcanizzata (Sh: 85-95), questo fa sì che all'aumento dello spessore del rivestimento e di conseguenza della massa il regime di rotazione imposto causi una maggiore deformazione dei materiali più morbidi e questo può essere messo in relazione alla diminuzione della percentuale di frutti integri con l'aumentare del diametro delle onduline. Altra considerazione risiede nel fatto che i valori più alti di frutti integri conseguiti con il materiale più rigido sono mediamente più bassi di quelli ottenuti con i materiali più morbidi questo a causa della minore deformabilità del materiale che scarica l'energia generata nell'urto durante l'impatto con le drupe in toto sulle stesse causando una maggiore percentuale di frutti danneggiati.

g. Prove trasformazione olive raccolte.

Le analisi dei parametri chimici (pH, acidità libera e concentrazione in cloruri nella salamoia) eseguiti su 27 tesi, durante il periodo della trasformazione (180 giorni), hanno mostrando un andamento in linea con i dati riscontrati in bibliografia (Piga et al. 2003; Agabbio et al. 1984; Vodret et al. 1977; Vodret et al. 1978; Denti 1982; Piga et al. 1998). Le 27 tesi raccolte sono state trasformate in salamoia. Ognuna di esse conteneva anche i frutti che presentavano i danni dovuti al sistema di raccolta ed intercettamento utilizzato. Dopo 180gg di trasformazione da ognuna delle 27 tesi sono state prelevate le drupe che presentavano all'inizio della trasformazione, danno da cassetta, danno da impatto con ondulina e frutti integri. Su queste è stata eseguita una valutazione, a vista, al fine di osservare se i danni subiti durante la raccolta potessero mostrare effetti di mascheramento in seguito alla trasformazione (Fig. 53; 54). Dalle fotografie risulta evidente che durante la trasformazione i danni causati dall'impatto con le onduline e con il sistema di intercettamento (cassetta) non sono stati mascherati. Le prime, infatti, presentano aree depresse ben marcate che non renderebbero il prodotto trasformabile con il sistema della Greca al naturale, mentre potrebbero essere trasformate con altri sistemi (essiccazione, o trasformazione in nero), mentre, nelle seconde il danno risulta di minore entità e questo renderebbe le stesse trasformabili con il sistema adottato durante la sperimentazione.



Figura 53. Tesi S1V2C, sono evidenti gli effetti sulle drupe dei danneggiamenti causati durante la raccolta.

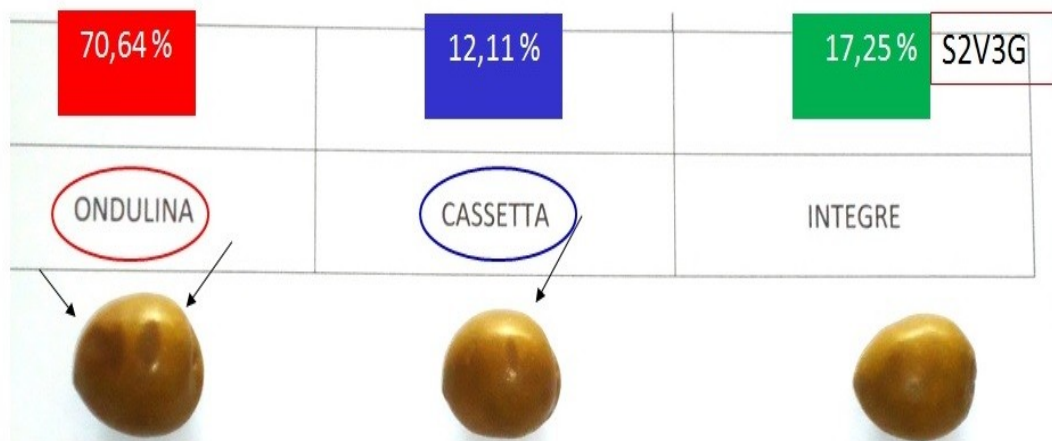


Figura 54. Tesi S2V3G, sono evidenti gli effetti sulle drupe dei danneggiamenti causati durante la raccolta.

8.1.2. Seconda fase della sperimentazione (II° e III° anno).

a. Analisi statistica percentuali di frutti integri raccolti con reti a terra.

In base ai risultati ottenuti due combinazioni di parametri operativi mostrano un valore di frutti integri superiore al 90%, queste erano la S2V2S con una percentuale di frutti integri del 94,73% e la S3V2S con una percentuale di frutti integri del 93,23%. Sulla base di questi risultati si è deciso di ripetere le prove di raccolta utilizzando le stesse combinazioni.

Dall'analisi statistica, riferita al confronto tra le percentuali di frutti integri tra due varietà (Nera di Gonnos e Nocellara del Belice) e onduline di due calibri (14 mm e 19 mm) e materiale di rivestimento delle stesse Silicone con velocità di rotazione di 3000 rpm, si evidenzia come non vi siano differenze significative tra le varie tesi, tali differenze non sono presenti ne confrontando le percentuali di frutti integri ottenuti con i differenti calibri delle onduline (14 mm e 19 mm) utilizzati con la stessa cv, ne facendo il confronto tra cv differenti (Nocellara del Belice e Nera di Gonnos) utilizzando onduline del medesimo calibro (Fig. 55). Di rilevante importanza risulta il dato riferito alle percentuali di frutti integri in quanto in tutte le tesi questo risulta essere superiore al 96

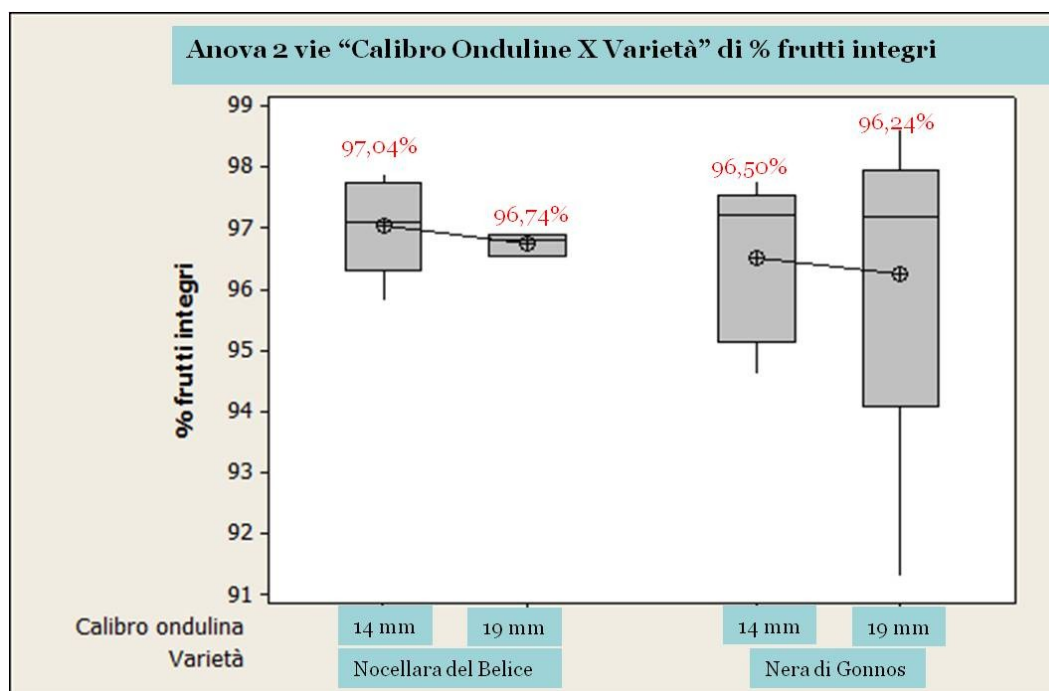


Figura 55. Il test statistico non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le tesi.

b. Analisi statistica forze di distacco frutti.

La valutazione e la relativa analisi statistica riferita alle forze di distacco dei frutti, (espressa in chilogrammi forza – kgf) di tre varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) nella seconda fase della sperimentazione si evidenzia come vi siano differenze statisticamente significative tra le tre varietà oggetto di studio. I valori medi, calcolati su 100 campioni per cv sono risultati di 0,14 kgf per la cv Nera di Gonnos, di 0,27 kgf per la cv Nocellara del Belice e di 0,60 kgf per la Tonda di Cagliari (Tabella 21).

Tabella 21. Forze di distacco dei frutti valutate su 100 campioni in tre varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari).

Varietà	Valori forze di distacco frutti (kgf)
Nera di Gonnos	0,14 ^a
Nocellara del Belice	0,27 ^b
Tonda di Cagliari	0,60 ^c

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.005$).

Dall'analisi statistica, dei dati relativi alle forze di distacco misurate in due annate di prova successive (Anno 2011-2012) ed in tre varietà differenti (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) e relativi a 100 campioni per cv, emerge la presenza di differenze significative (Fig. 56). Per la Nera di Gonnos i valori del 2011 sono di 0,51 kgf contro i 0,14 kgf del 2012. Per la Nocellara del Belice i valori del 2011 sono risultati essere di 0,65 kgf contro i 0,27 kgf del 2012. Infine per la Tonda di Cagliari i valori della forza di distacco dei frutti variano da 0,33 kgf per il 2011 ai 0,60 kgf del 2012. Vi è da rilevare come i valori rilevati al 2012 siano nettamente inferiori, tranne che per la cv Tonda di Cagliari, ai valori rilevati nel 2011. Questa differenza di comportamento tra un anno e l'altro può essere attribuita sia a diversità varietali sia alle differenti condizioni meteo che nelle due annate di prova hanno preceduto le fasi di raccolta, in entrambi i casi le misurazioni sono state eseguite quando le drupe presentavano piena colorazione verde e negli stessi tempi in cui le stesse venivano raccolte in azienda per la commercializzazione e la raccolta.

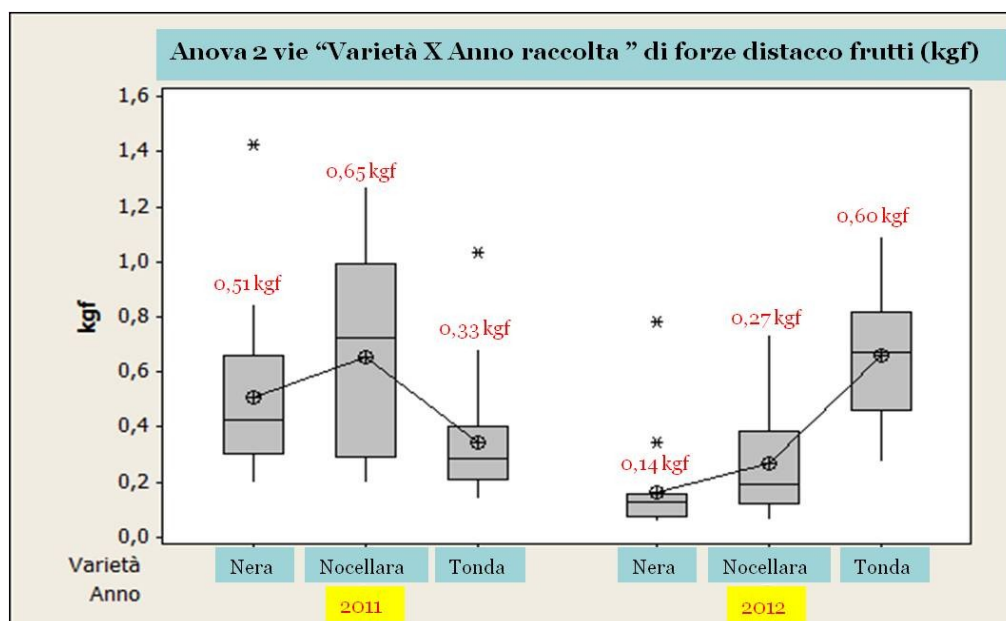


Figura 56. Il test statistico mostra differenze statisticamente significative sia tra i valori medi delle varietà che tra i valori ripetuti nelle diverse annate ($p \leq 0.01$).

c. Analisi statistica “Test compressione rottura 40-0650”.

L’analisi statistica, dei valori rilevati con il test compressione rottura “40-0650” (Tabella 22), eseguiti su un totale di 20 ripetizioni per ognuna delle tre cultivar oggetto di studio, evidenzia come per quanto riguarda il dato Carico Massimo (kgf), valore relativo al carico massimo necessario per causare la penetrazione del puntale di acciaio (Fig. 45) (diametro = 10 mm), la quale è indice della resistenza alla compressione del frutto, non mostra differenze significative tra le cv Nera di Gonnos (13,82 kgf) e Tonda di Cagliari (13,70 kgf) mentre le stesse sono statisticamente differenti rispetto alla cv Nocellara del Belice (11,92 kgf).

Tabella 22. Dati riassuntivi “Test compressione rottura 40-0650” eseguito su 3 varietà (Nera di Gonnos; Nocellara del Belice; Tonda di Cagliari) con puntale a sezione circolare del diametro di 10mm.

Varietà	Carico Massimo (kgf)	Deformazione al carico Massimo (mm)	Lavoro al Carico Massimo (kgf.mm)	Rigidità (kgf/mm)	Carico alla Rottura (kgf)	Deformazione e alla Frattura (mm)	Lavoro alla Frattura (kgf.mm)
Nera Gonnos	13,82 a	10,27 ab	33,00 a	3,74 b	13,13 a	10,49 ab	35,92 a
Tonda di Cagliari	13,70 a	10,79 a	27,46 b	4,23 ab	13,01 a	11,08 a	31,36 b
Nocellara del Belice	11,92 b	9,88 b	21,56 c	4,29 a	11,32 b	10,07 b	23,74 c

* Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.05$).

In base ai risultati ottenuti si può affermare che la cv. Nocellara del Belice sia più suscettibile alla compressione delle cv. Nera di Gonnos e Tonda di Cagliari le quali hanno mostrato un comportamento simile. Nonostante la maggiore suscettibilità

della cv Nocellara del Belice, rilevata durante l'esecuzione del test di compressione rottura, vi è da rilevare che le prove di raccolta eseguite su questa cv con le combinazioni di parametri operativi S2V2S e S3V2S hanno in ogni caso determinato delle percentuali di frutti integri superiori al 96% e questo sta ad indicare che la forza d'urto scaricata durante l'impatto dalle onduline, durante la raccolta, sui frutti non è sufficientemente da causare un'elevata percentuale di frutti danneggiati.

d. Analisi statistica “Test compressione carico imposto “40-0651”.

L'analisi statistica, dei valori rilevati con il test compressione carico imposto “40-0651” (Tabella 23), eseguito utilizzando un puntale a forma di gancio (Fig. 46) (diametro = 6,3 mm) su tre varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) con tre differenti carichi massimi applicati (5 kgf, 7 kgf, 9 kgf), non mostra differenze significative tra le tre varietà per quanto riguarda il carico imposto di 5 kgf, con valori di penetrazione che variano da 7,16 mm per la cv Nera di Gonnos a 8,50 mm per la cv Tonda di Cagliari. Per quanto riguarda il carico imposto di 7 kgf il test statistico non mostra differenze significative tra le cv Nocellara del Belice (9,13 mm) e Tonda di Cagliari (9,42 mm), mentre le stesse sono differenti rispetto alla cv Nera di Gonnos (7,84 mm). L'analisi dei dati relativi al carico di 9 kgf non mostrano differenze significative tra le cv Nera di Gonnos (9,76 mm) e Tonda di Cagliari (10,08 mm) mentre le stesse si discostano significativamente dalla cv Nocellara del Belice (12,11 mm).

Tabella 23. Dati analisi statistica dati relativi al “Test compressione carico imposto 40-0651” eseguito su 3 varietà (Nera di Gonnos; Nocellara del Belice; Tonda di Cagliari) con puntale in acciaio a forma di gancio con sezione circolare del diametro di 6,3 mm e con carichi massimi di 5 kgf, 7 kgf e 9 kgf

Varietà	Carico massimo applicato	Penetrazione puntale mm
Nera di Gonnos	5 kgf	7,16 a
Nocellara del Belice		7,61 a
Tonda di Cagliari		8,50 a
Nocellara del Belice	7 kgf	9,13 a
Tonda di Cagliari		9,42 a
Nera di Gonnos		7,84 b
Nera di Gonnos	9 kgf	9,76 a
Tonda di Cagliari		10,08 a
Nocellara del Belice		12,11 b

Medie che non mostrano la lettera (a) sono significativamente differenti ($p \leq 0.05$).

Le drupe in seguito all'esecuzione del test compressione a carico imposto sono state esposte all'aria per 48 ore in modo da evidenziare, visivamente, l'effetto dello schiacciamento sulla polpa delle stesse, in seguito le stesse sono state fotografate in modo da rendere comparabili i risultati ottenuti (Fig. 57-58-59). Dalle immagini appare evidente come i frutti appartenenti alla varietà Nocellara del Belice siano più suscettibili allo schiacciamento rispetto alle varietà Nera di Gonnos e Tonda di Cagliari.

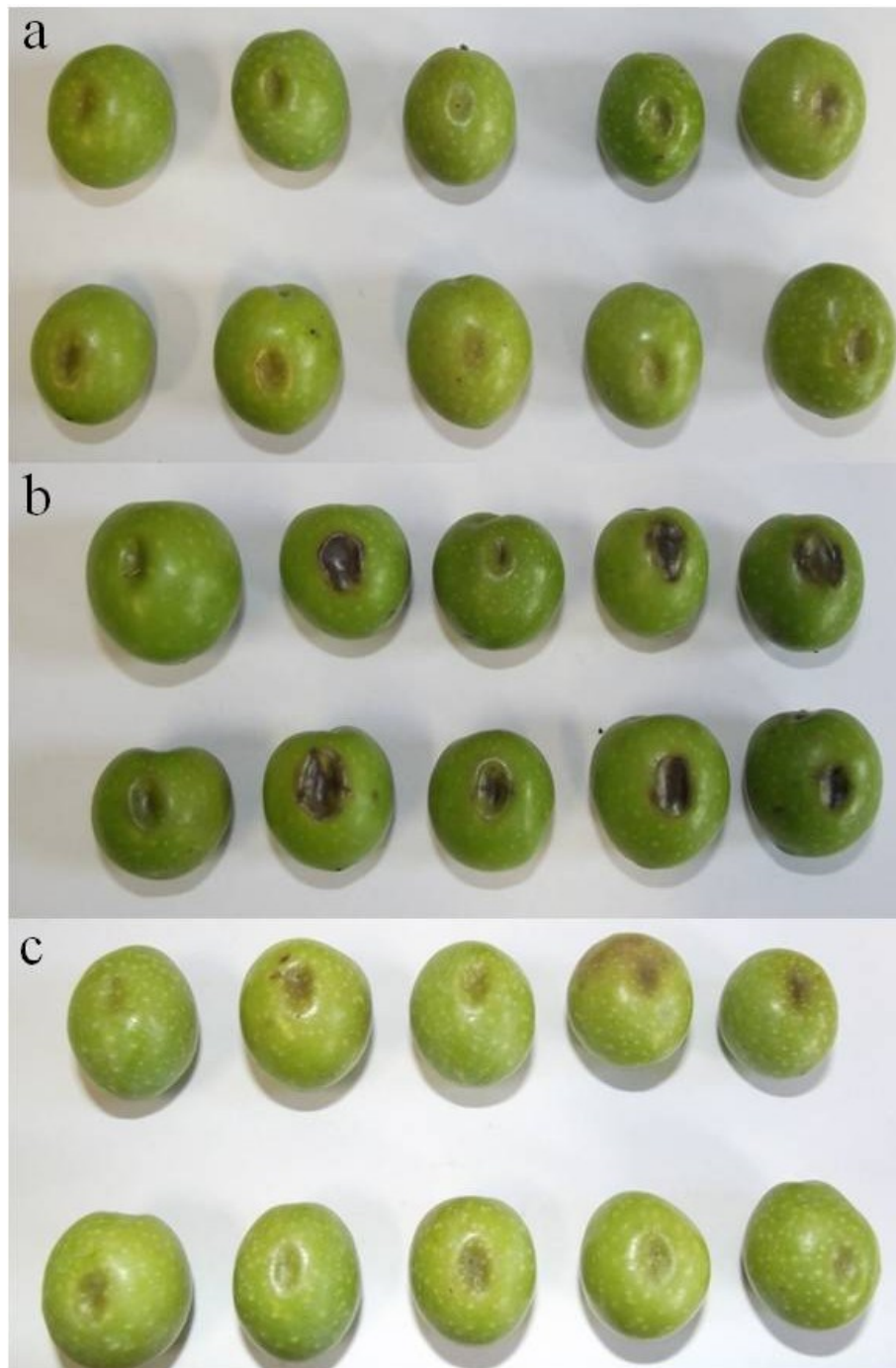


Figura 57. Effetti della compressione con carico 5kgf dopo 48h di esposizione all'aria su Nera di Gonnos (a), Nocellara del Belice (b) e Tonda di Cagliari (c).



Figura 58. Effetti della compressione con carico 7kgf dopo 48h di esposizione all'aria su Nera di Gonnos (a), Nocellara del Belice (b) e Tonda di Cagliari (c).



Figura 59. Effetti della compressione con carico 9kgf dopo 48h di esposizione all'aria su Nera di Gonnos (a), Nocellara del Belice (b) e Tonda di Cagliari (c).

8.2. La misura delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (Hand Arm Vibration) HAV.

8.2.1. Prima fase della sperimentazione.

a. Valori di accelerazione globale a vuoto prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove.

Le tabelle 24, 25 e 26 riportano tutti i valori dell'accelerazione ponderata globale con la macchina utilizzata a vuoto, al variare della velocità di rotazione (2000, 3000 e 4000 rpm) del diametro (19 mm, 14 mm e 7 mm) e del materiale utilizzato caucciù, silicone e gomma vulcanizzata durante l'esecuzione delle prove a vuoto. Inoltre riportano la condizione di lavoro dell'operatore (stazionaria) immaginandolo non in fase di lavoro.

Esse permettono le seguenti considerazioni.

– Velocità pari a 4000 rpm onduline Rosse, Bianche e Nere.

Tutte le onduline testate a vuoto ed in condizione di lavoro stazionaria (operatore fermo con in mano l'agevolatrice in funzione) producevano livelli di accelerazione crescenti in funzione dello spessore e della velocità di rotazione utilizzata. Ciò era certamente da attribuire al diverso grado di rigidità degli spessori utilizzati che consentivano una parziale compensazione delle oscillazioni.

I valori di accelerazione massima pari a $13,5 \text{ m/s}^2$ erano prodotti dalle onduline Rosse (caucciù) con diametro di 19 mm e alla velocità di 4000 rpm. Tale valore veniva influenzato anche da un comportamento cinematico anomalo dell'ondulina che all'aumentare della velocità aumentava la vibrazione della parte terminale della stessa creando un cuneo che produceva contatti fra le onduline contigue montate nella testata di raccolta.

Per i diametri di 7 mm e di 14 mm in caucciù, i livelli di rotazione pari a 4000 rpm non creavano tale difficoltà e avevano valori di accelerazione massima pari a $6,65 \text{ m/s}^2$ e di $10,77 \text{ m/s}^2$. Nel caso delle onduline Bianche (silicone) l'accelerazione massima, pari a $12,75 \text{ m/s}^2$, veniva rilevata nelle prove a vuoto effettuate con il diametro di 19 mm.

Per le stesse onduline con diametro di 7 mm e di 14 mm, i livelli di vibrazione alla stessa velocità erano rispettivamente di $12,28 \text{ m/s}^2$ e di $12,14 \text{ m/s}^2$. Tale valore veniva influenzato anche in questo caso da un comportamento cinematico anomalo

del materiale che all'aumentare della velocità determinava un aumento delle vibrazioni della parte terminale dell'ondulina stessa.

Nelle onduline Nere (gomma vulcanizzata) ottenute per fusione della plastica direttamente sull'ondulina in titanio e quindi dotate di una struttura rigida, l'accelerazione massima con il diametro di 19 mm e 4000 rpm era pari a 11,26 m/s². Ai diametri di 7 mm e di 14 mm, i livelli di rotazione alla stessa velocità erano rispettivamente di 12,28 m/s² e di 12,14 m/s².

L'analisi statistica con regimi di rotazione compresi fra 3000 rpm e 4000 rpm, mostrava una differenza significativa ($p \geq 0,05$) dei valori di accelerazione rilevati nelle testate di raccolta formate dai diversi materiali utilizzati. Per queste velocità, l'ANOVA mostrava un comportamento simile nelle onduline di tipo R e di tipo B alle due velocità, con un comportamento simile dei materiali rispetto alla gomma vulcanizzata. Infatti, le differenze significative dell'analisi attribuivano ai primi due la stessa differenza significativa evidenziando che un comportamento più elastico influenzava i valori di accelerazione globali determinati sulla macchina, rispetto ad un materiale di protezione con maggiore rigidità come quello di tipo N. Nel caso delle condizioni di minima velocità, l'analisi statistica mostrava delle differenze significative ($p \geq 0,05$) dei valori di accelerazione globale in tutti e tre i materiali utilizzati, ipotizzando quindi un collegamento fra la velocità di rotazione e la caratteristica elastica del materiale (Tabella 24).

Tabella 24. Accelerazione globale a vuoto delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù), degli spessori di 19 - 14 e 7 mm, ai tre regimi di rotazione (4000 rpm.) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s ²)
B	4000	19	Stazionaria	12,75 ^a
R				13,53 ^a
N				11,26 ^b
B		14		12,14 ^a
R				10,77 ^a
N				1,16 ^b
B		7		12,28 ^a
R				6,65 ^b
N				1,23 ^c

Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

– *Velocità pari a 3000 rpm onduline Rosse, Bianche e Nere.*

I valori di accelerazione globale massima rilevati, per le onduline Rosse, Bianche e Nere con diametro di 19 mm e alla velocità di 3000 rpm, erano rispettivamente di 11,96 m/s², 9,88 m/s² e di 5,70 m/s². In questo caso, anche per effetto di un minore regime di rotazione delle onduline, la vibrazione della parte terminale della stessa non determinava i contatti fra le onduline contigue montate nella testata di raccolta. Per diametri di 14 mm in caucciù, l'accelerazione massima era pari a 7,54 m/s² e di 4,02 m/s² e 1,28 m/s². Per i diametri di 7 mm invece i valori erano di 7,39 m/s² per il materiale R, di 4,31 m/s² per il materiale B e di 0,69 m/s² per il materiale N.

L'analisi statistica attribuiva ai due materiali la stessa differenza significativa riscontrata alle velocità di rotazione di 4000 rpm. Infatti, rispetto ai valori di accelerazione globale, raggruppava i due materiali nella stessa classe di significatività rispetto al materiale di tipo N, confermando una relazione fra la tipologia di materiale plastico utilizzato e il regime di rotazione impostato nella macchina agevolatrice. Anche per questo spessore di protezione alle condizioni di velocità minima, l'analisi di varianza mostrava delle differenze significative ($p \geq 0,05$) nei valori di accelerazione globali rilevati e si creavano gruppo omogenei (R e B) per quanto riguarda il tipo di materiale plastico utilizzato (Tabella 25).

Tabella 25. Accelerazione globale a vuoto delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù), degli spessori di 19 - 14 e 7 mm, ai tre regimi di rotazione (3000 rpm) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s ²)
B	3000	19	Stazionaria	11,96 ^a
R				9,88 ^{ab}
N				5,70 ^b
B		14		7,54 ^a
R				4,02 ^b
N				1,28 ^c
B		7		7,39 ^a
R				4,31 ^b
N				0,69 ^c

Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

– *Velocità pari a 2000 rpm onduline Rosse, Bianche e Nere.*

I valori di accelerazione globale massima rilevati, per le onduline Rosse, Bianche e Nere i diametri di 19 mm e alla velocità di 2000 rpm, erano rispettivamente di 10,50 m/s², 5,35 m/s² e di 3,88 m/s². Anche in questo caso, anche per effetto di un minore regime di rotazione delle onduline, la vibrazione trasmessa dalla rotazione della parte terminale della stessa non determinava i contatti fra le onduline contigue montate nella testata di raccolta. Per i diametri di 14 mm in caucciù, l'accelerazione massima era pari a 3,19 m/s² e di 2,49 m/s² e 0,65 m/s². Per i diametri di 7 mm invece i valori erano di 3,00 m/s² per il materiale R, di 1,99 m/s² per il materiale B e di 0,42 m/s² per il materiale N. L'analisi di varianza attribuiva ai tre materiali utilizzati la stessa differenza significativa riscontrata alle velocità di rotazione di 4000 rpm e 3000 rpm. ($p \geq 0,05$) ma in questo caso i valori di accelerazione globali rilevati nei diversi tipi di materiale plastico non creavano gruppi omogenei rifiutando quindi l'ipotesi di un collegamento fra il tipo di materiale utilizzato e la quantità di vibrazioni trasmesse all'operatore (Tabella 26).

Tabella 26. Accelerazione globale a vuoto delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù), degli spessori di 19 - 14 e 7 mm, ai tre regimi di rotazione (2000 rpm) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s ²)
B	2000	19	Stazionaria	10,50 ^a
R				5,35 ^b
N				3,88 ^b
B		14		3,19 ^a
R				2,49 ^a
N				0,65 ^b
B		7		3,00 ^a
R				1,99 ^b
N				0,42 ^c
Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù				

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

Dalle prove a vuoto si potevano trarre le seguenti conclusioni.

- A parità di diametro (19 mm) e a regimi di rotazione compresi fra 3000 rpm e 4000 rpm, il caucciù e il silicone rispetto alla gomma vulcanizzata sembravano svolgere un ruolo positivo nell'aumento delle vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio rispetto alla gomma vulcanizzata (da 13,53 m/s² e 12,75 m/s² contro i 5,70 m/s² e 11,26 m/s²). Al contrario la gomma vulcanizzata riduce la quantità di vibrazioni

rispetto agli altri due materiali. Alla velocità di 2000 rpm il silicone ha un comportamento elastico più rigido rispetto al caucciù acquisendo un comportamento simile alla gomma vulcanizzata.

- I valori di accelerazione misurati con le prime tre testate sono piuttosto elevati (dell'ordine di 13 m/s^2) e comparabili con quelli prodotti dalle macchine ad azionamento meccanico o pneumatico, segno che non è tanto il sistema di azionamento quanto piuttosto il cinematismo della testata ad incidere sulle vibrazioni e la tipologia del materiale di rivestimento delle onduline.
- Poiché l'azione delle fronde delle piante certamente influenzerà il livello di accelerazione trasmesso alle mani degli utilizzatori, la valutazione finale delle attrezzature è stata essere effettuata tenendo anche conto di misure in fase di raccolta, da dove sono derivate altre indicazioni circa l'uso di dispositivi di protezione individuale o sul numero di ore giornaliere di utilizzo.

b. Valori di accelerazione globale prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove su ligustro.

Le tabelle 27, 28 e 29 riportano tutti i valori di accelerazione ponderata globale con la macchina utilizzata su piante di ligustro variando la velocità di rotazione (2000, 3000 e 4000 rpm), il diametro delle onduline (19 mm, 14 mm e 7 mm) e la tipologia di materiale utilizzato (caucciù, silicone e gomma vulcanizzata). Inoltre riportano la condizione di lavoro dell'operatore (pettinamento).

Dai dati ottenuti sono possibili le seguenti considerazioni:

- *Velocità pari a 4000 rpm onduline Bianche, Rosse e Nere.*

Anche in questi casi, tutte le onduline testate in condizione di lavoro dinamica, producevano livelli di accelerazione crescenti in funzione dello spessore e della velocità di rotazione utilizzata. I valori di accelerazione massima pari a $17,89 \text{ m/s}^2$ erano prodotti dalle onduline Bianche (silicone) con diametro di 19 mm e alla velocità di 4000 rpm, mentre le rosse avevano valori di $13,77 \text{ m/s}^2$. Anche nel pettinamento dinamico le onduline montate nella testata di raccolta producevano un comportamento cinematico anomalo dovuto alla lunghezza eccessiva della plastica utilizzata per la protezione delle stesse. Per il diametro di 19 mm le nere avevano un valore di accelerazione pari a $6,75 \text{ m/s}^2$ di tre volte inferiore alle onduline in silicone e di due volte rispetto a quelle in caucciù. Per i diametri di 14 mm e di 7 mm in

caucciù, utilizzando 4000 rpm i valori di accelerazione massima erano pari a 14,51 m/s² e 11,09 m/s² ed entrambe riscontrate nelle onduline rivestite di silicone. Mentre per le onduline Nere, l'accelerazione massima con il diametro di 7 mm a 4000 rpm era pari a 5,93 m/s² e di 4,24 m/s² con 14 mm di diametro alla stessa velocità. L'analisi statistica con regimi di rotazione compresi fra 3000 rpm e 4000 rpm, mostrava una differenza significativa ($p \geq 0,05$). Per queste velocità, l'ANOVA determinava un'aggregazione delle onduline di tipo R e di tipo N alla velocità di 3000 rpm, identificando un comportamento simile dei due materiali rispetto al silicone. Alle massime velocità, ed in condizioni di lavoro, le differenze significative attribuivano a tutti e tre i materiali tre comportamenti differenti anche se i valori minimi di accelerazione globale si registravano per tutte le prove condotte con un materiale di protezione con maggiore rigidità come quello di tipo N. Nel caso delle condizioni di minima velocità, l'analisi statistica non mostrava delle differenze significative (ns) dei valori di accelerazione globale ai primi due regimi di rotazione utilizzati, mentre alla massima velocità, le onduline R e B avevano un comportamento simile rispetto alle onduline di tipo N (Tabella 27).

Tabella 27. Accelerazione globale nelle prove effettuate su ligustro delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù, dei diametri di 19 – 14 e 7 mm), al regime di rotazione (4000 rpm) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s ²)
B	4000	19	Pettinamento	17,89 ^a
R				13,77 ^b
N				6,75 ^c
B		14		14,51 ^a
R				7,58 ^b
N				4,24 ^b
B		7		11,09 ^a
R				9,02 ^a
N				5,93 ^b
Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù				

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

– **Velocità pari a 3000 rpm onduline Bianche, Rosse e Nere.**

I valori di accelerazione globale massima rilevati, per le onduline Bianche, Rosse e Nere con spessore di 19 mm e alla velocità di 3000 rpm, erano rispettivamente di 13,77 m/s², 10,56 m/s² e di 4,13 m/s² rispettivamente. Per i diametri di 14 mm in silicone, l'accelerazione massima era pari a 10,92 m/s² e di 3,58 m/s² e 2,77 m/s². Per i diametri di 7 mm invece i valori erano di 5,94 m/s² per il materiale B, di 4,26 m/s²

per il materiale R e di $3,90 \text{ m/s}^2$ per il materiale N, mentre i valori erano significativamente differenti alle velocità di 3000 rpm e 4000 rpm raggruppando i materiali R e N nella stessa classe di significatività rispetto al materiale di tipo B, confermando una relazione fra la tipologia di materiale plastico utilizzato e il regime di rotazione impostato nella macchina agevolatrice. Allo spessore di protezione di 7 mm, l'analisi di varianza non attribuiva ai materiali R e B e N differenza significativa alla velocità di rotazione minima di 2000 rpm (Tabella 28).

Tabella 28. Accelerazione globale nelle prove effettuate su ligustro delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù, dei diametri di 19 – 14 e 7 mm), al regime di rotazione (3000 rpm) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s^2)
B	3000	19	Pettinamento	13,77 ^a
R				10,56 ^b
N				4,13 ^c
B		14		10,92 ^a
R				3,58 ^b
N				2,77 ^b
B		7		5,94 ^{ns}
R				4,26 ^{ns}
N				3,90 ^{ns}

Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

– Velocità pari a 2000 rpm onduline Bianche, Rosse e Nere.

I valori di accelerazione globale massima rilevati, per le onduline Rosse, Bianche e Nere con il diametro di 19 mm e alla velocità di 2000 rpm, erano rispettivamente di $7,71 \text{ m/s}^2$, $6,75 \text{ m/s}^2$ e di $2,86 \text{ m/s}^2$. La vibrazione trasmessa dalla rotazione della parte terminale della onduline non determinava i comportamenti cinematici anomali fra le onduline contigue montate nella testata di raccolta. Per i diametri di 14 mm in silicone, l'accelerazione massima era pari a $4,73 \text{ m/s}^2$ mentre per il caucciù e la gomma vulcanizzata erano rispettivamente di $2,74 \text{ m/s}^2$ e $2,20 \text{ m/s}^2$. Per i diametri di 7 mm invece i valori erano di $4,36 \text{ m/s}^2$ per il materiale B, di $3,33 \text{ m/s}^2$ per il materiale R e di $3,07 \text{ m/s}^2$ per il materiale N. L'analisi di varianza non attribuiva ai tre materiali utilizzati la stessa differenza significatività riscontrata alle velocità di rotazione di 4000 rpm e 3000 rpm ($p \geq 0,05$), mentre nel caso di bassi regimi di rotazione i materiali utilizzati non si differenziavano significativamente fra loro (Tabella 29).

Tabella 29. Accelerazione globale nelle prove effettuate su ligustro delle tre tipologie di onduline (silicone, gomma vulcanizzata e caucciù, dei diametri di 19 – 14 e 7 mm), al regime di rotazione (2000 rpm) sperimentati.

Ondulina	Condizione operativa	Spessore	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiali rivestimento	Velocità rotazione (rpm)	mm	Vibrazioni prodotte dalla macchina che gira a vuoto	(m/s ²)
B	2000	19	Pettinamento	7,71 ^a
R				6,75 ^b
N				2,86 ^c
B		14		4,73 ^{ns}
R				2,74 ^{ns}
N				2,20 ^{ns}
B		7		4,36 ^{ns}
R				3,33 ^{ns}
N				3,07 ^{ns}
Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù				

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

Dalle prove su pianta si potevano trarre le seguenti conclusioni:

- Anche nelle prove su pianta a parità di diametro (19 mm) e a regimi di rotazione compresi fra 3000 rpm e 4000 rpm, la gomma vulcanizzata rispetto al caucciù e al silicone svolgeva un ruolo positivo nella riduzione delle vibrazioni trasmesse. Ai diametro di 7 mm e 14 mm e alle velocità di 2000 rpm e 3000 rpm, i tre materiali non si differenziavano significativamente fra loro mentre alla velocità massima di rotazione il silicone e il caucciù avevano un comportamento elastico simile rispetto alla gomma vulcanizzata.
- Anche sulle piante, i valori di accelerazione massima misurati erano elevati (compresi fra 11,09 m/s² e 17,89 m/s²) superiori a quelli ottenuti nelle prove a vuoto, segno che sia l'elasticità naturale delle piante testate e quella dei materiali utilizzati incidono sulle vibrazioni trasmesse dalle onduline.

c. Valori di accelerazione globale prodotti dalle onduline Rosse (caucciù), Bianche (silicone) e Nere (gomma vulcanizzata) utilizzate nelle prove su olivo.

La tabella 30 riporta tutti i valori di accelerazione ponderata globale con la macchina agevolatrice utilizzata su piante di olivo alla sola velocità di rotazione di 4000 rpm, il diametro delle onduline (7 mm, 14 mm e 19 mm) e la tipologia di materiale utilizzato (caucciù, silicone e gomma vulcanizzata). Inoltre riporta la condizione di lavoro dell'operatore (pettinamento).

Dai dati ottenuti sono possibili le seguenti considerazioni.

– *Velocità pari a 4000 rpm onduline Bianche, Rosse e Nere.*

In questo caso, le onduline testate in condizione di lavoro dinamica, producevano livelli di accelerazione crescenti in funzione dello spessore per quanto riguarda le onduline Bianche e le onduline Nere. Differente esito avevano le onduline Rosse, infatti esse con un diametro di 14 mm e alla velocità di 4000 rpm avevano una piccola flessione ($5,73 \text{ m/s}^2$) rispetto al diametro di 7 mm ($6,31 \text{ m/s}^2$) e a quello di 19 mm ($9,59 \text{ m/s}^2$) con una velocità di rotazione di 4000 rpm. I valori di accelerazione massima pari a $11,38 \text{ m/s}^2$ erano prodotti dalle onduline Bianche (silicone) con il diametro di 19 mm e alla velocità di 4000 rpm, mentre le Nere avevano valori di $7,19 \text{ m/s}^2$. Anche nel pettinamento dinamico le onduline montate nella testata di raccolta producevano un comportamento cinematico anomalo dovuto alla lunghezza eccessiva della plastica utilizzata per la protezione delle stesse. Per il diametro 14 mm le nere avevano un valore di accelerazione pari a $3,92 \text{ m/s}^2$ di quasi tre volte inferiore alle onduline in silicone ($11,37 \text{ m/s}^2$) e con un valore delle Rosse di $5,73 \text{ m/s}^2$. Per i diametri di 7 mm e 19 mm in silicone, utilizzando 4000 rpm i valori di accelerazione minima erano di $2,92 \text{ m/s}^2$ e $7,19 \text{ m/s}^2$ ed entrambe riscontrate nelle onduline rivestite di gomma vulcanizzata. Per il diametro di 7 mm il valore di accelerazione massima è pari a $6,48 \text{ m/s}^2$ prodotto dalle onduline Bianche. Mentre per le onduline Rosse, l'accelerazione massima era pari a $9,59 \text{ m/s}^2$ il diametro di 19 mm mentre per il diametro di 7 mm era pari a $6,31 \text{ m/s}^2$ alla stessa velocità di rotazione.

L'analisi statistica con regimi di rotazione di 4000 rpm mostrava una differenza significativa, nelle condizioni di lavoro considerate, le differenze significative attribuivano a tutti e tre i materiali tre comportamenti differenti anche se i valori minimi di accelerazione globale si registravano per tutte le prove condotte con un materiale di protezione con maggiore rigidità come quello di tipo N (Tabella 28).

Dalle prove su pianta si potevano trarre le seguenti conclusioni.

- Anche nelle prove su olivo, il silicone e il caucciù rispetto alla gomma vulcanizzata sembravano svolgere un ruolo positivo nell'aumento delle vibrazioni trasmesse (da $6,48 \text{ m/s}^2$ del silicone e $6,31 \text{ m/s}^2$ del caucciù contro il $2,92 \text{ m/s}^2$ della gomma vulcanizzata).
- I valori di accelerazione misurati con le prime tre testate sono piuttosto elevati (dell'ordine di 11 m/s^2) ed inferiori ai valori alla stessa velocità e agli stessi spessori testati su piante di ligustro. Questo può essere spiegato considerando che l'elasticità

naturale delle due piante testate è differente come pure è differente la loro capacità di trasmettere le vibrazioni. Per sistemi di azionamento a rotazione della testata, vanno ad incidere sulle vibrazioni non solo la tipologia ma anche il tipo di pianta su cui si lavora.

Tabella 30. Accelerazione globale nelle prove effettuate su olivo delle tre tipologie di onduline (Silicone, Gomma vulcanizzata e Caucciù), con i diametri di 19 mm, 14 mm e 7 mm e al regime di rotazione di 4000 rpm.

Ondulina	Spessore	Condizione operativa	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiale rivestimento	mm	Velocità di rotazione(rpm)	Olivo	(m/s ²)
B	19	4000	Pettinamento	11,38 ^a
R				9,59 ^b
N				7,19 ^c
B	14			11,37 ^a
R				5,73 ^b
N				3,92 ^c
B	7			6,48 ^a
R				6,31 ^a
N				2,92 ^b

Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

8.2.2. Seconda fase della sperimentazione.

a. Analisi statistica delle vibrazioni trasmesse al segmento mano-braccio dall'agevolatrice elettrica.

Durante l'esecuzione delle prove di raccolta, svoltesi nella seconda fase della sperimentazione, sono state eseguite in concomitanza con le stesse delle misurazioni atte a misurare i valori medi di accelerazione (m/s²) su due varietà (Nera di Gonnos e Nocellara del Belice) e con l'utilizzo delle combinazioni di parametri operativi S2V2S ed S3V2S, le rilevazioni sono state condotte su tre operatori differenti ognuno dei quali eseguiva 2 test per ognuna delle cv. con ciascuna delle combinazioni utilizzate.

L'analisi statistica dei valori di accelerazione media (m/s²), relativi alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio dalla macchina agevolatrice, non ha mostrato differenze rilevanti tra le tesi. I dati medi variano da 10 m/s², (misurazione eseguita sull'operatore A durante la prova di raccolta sulla cv Nera di Gonnos e con lo spessore delle onduline di 14 mm), a valori di 18 m/s² ottenuti dall'operatore A con il diametro di 19 mm sulla cv Nera di Gonnos e dagli operatori B e C sulla varietà Nocellara del Belice con onduline degli spessori di 14 mm e 19mm.

I valori medi di accelerazione risultano essere decisamente superiori rispetto ai valori soglia imposti dalla normativa ($2,5 \text{ m/s}^2 - 5 \text{ m/s}^2$) (Tabella 31). Per quanto riguarda il valore minimo (10 m/s^2) riscontrato sull'operatore A utilizzando le onduline di 14 mm sulla varietà Nera di Gonnos vi è da rilevare che probabilmente tale scostamento rispetto agli altri valori rilevati può essere dovuto ad una migliore condizione fisica del suddetto operatore il quale presentando una presa più salda, sull'impugnatura della macchina agevolatrice, faceva determinare una riduzione del livello delle vibrazioni misurato.

Tabella 31. Valori medi Accelerazione (m/s^2) misurati su tre operatori e rilevati sulle varietà Nera di Gonnos e Nocellara del Belice, con due differenti diametri delle onduline (14 mm e 19 mm).

Spessore	Varietà	Operatore A Accelerazione media (m/s^2)	Operatore B Accelerazione media (m/s^2)	Operatore C Accelerazione media (m/s^2)
14 mm	Nera di Gonnos	10 ^{n.s.}	16 ^{n.s.}	17 ^{n.s.}
19 mm	Nera di Gonnos	18 ^{n.s.}	16 ^{n.s.}	17 ^{n.s.}
14 mm	Nocellara del Belice	16 ^{n.s.}	18 ^{n.s.}	18 ^{n.s.}
19 mm	Nocellara del Belice	16 ^{n.s.}	18 ^{n.s.}	18 ^{n.s.}

Il test statistico non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le tesi.

9. CONCLUSIONI.

Prototipazione della nuova testata di raccolta.

In termini di progettazione si possono affermare le seguenti considerazioni:

a) Per determinare una riduzione del danno da onduline causato dall'impatto, durante la fase di raccolta, delle stesse con le olive è stato fondamentale individuare quale tra le possibili combinazioni testate potesse essere la più efficiente. La valutazione delle 27 tesi sperimentate mostrava percentuali di frutti danneggiati che variavano dal 1,06% per S2V2C al 82,44% per S3V3G tale diversità di comportamento è in relazione con lo spessore del materiale di rivestimento utilizzato, con la velocità di rotazione delle onduline e con le caratteristiche plastiche dei materiali di rivestimento utilizzati. Analizzando i dati riguardanti l'interazione delle variabili operative Spessore e Materiale di rivestimento utilizzato (Tabella 20) sia il Caucciù che il Silicone mostrano comportamenti simili in quanto ad un incremento dello spessore del materiale di rivestimento corrisponde una riduzione della percentuale di frutti integri (dal 63,80% al 17,60% per il Caucciù e dal 67,50% al 38,20% per il Silicone). Per quanto riguarda la Gomma vulcanizzata i valori non variano in maniera altrettanto netta (dal 54,40% al 42,20%).

Questo fenomeno è da ascrivere alle caratteristiche elastiche dei materiali di rivestimento, infatti, sia il Silicone che il Caucciù hanno in termini di durezza un valore compreso tra 45 Sh e %% Sh nettamente più basso rispetto al valore della Gomma vulcanizzata che è compreso tra 85 Sh e 95 Sh. Questo fa sì che all'aumento dello spessore del rivestimento e di conseguenza della massa delle onduline il regime di rotazione imposto causi una maggiore deformazione dei materiali più morbidi. Questo può essere messo in relazione alla diminuzione della percentuale di frutti integri con l'aumentare del diametro delle onduline. Altra considerazione risiede nel fatto che i valori più alti di frutti integri conseguiti con il materiale più rigido e con gli spessori S1 ed S2 (54,10% S1, 54,40% per S2) sono mediamente più bassi di quelli ottenuti con i materiali più morbidi (63,80% con S1 e materiale Caucciù, 60,80% con S2 e materiale Caucciù; 67,50% con S1 e materiale Silicone e 65,00% con S2 e materiale Silicone). La causa è da ricercarsi nella minore deformabilità del materiale che scarica l'energia generata nell'urto durante l'impatto con le drupe in toto sulle stesse causando una maggiore percentuale di frutti danneggiati. Sulla base dei dati sperimentali ottenuti abbiamo

potuto individuare due di combinazioni di parametri operativi che presentavano un migliore risultato in termini di percentuale di frutti integri, tali combinazioni sono state la S2V2S e la S3V2S. Nella prima fase della prototipazione queste ultime hanno determinato, sulla cv Tonda di Cagliari, la prima una percentuale di frutti potenzialmente trasformabili del 94,73% e la seconda una percentuale di frutti potenzialmente trasformabili del 93,23%. Nella seconda fase della sperimentazione i valori di frutti integri sono stati per S2V2S del 97,04% su Nocellara del Belice e 96,5% su Nera di Gonnos, mentre per S3V2S i valori di frutti integri sono stati del 96,74% su Nocellara del Belice e del 96,24% su Nera di Gonnos. Questo rende le soluzioni adottate sicuramente di valida efficacia ed assolutamente comparabili con il sistema di raccolta tradizionale della brucatura. Questo fa sì che la macchina agevolatrice possa essere utilizzata in pieno campo senza correre il rischio di causare una perdita qualitativa del prodotto raccolto. In base a queste evidenze e con le indicazioni da noi proposte la Coima Italy è passata dalla fase di sperimentazione e prototipazione alla fase di produzione e commercializzazione della Olivella Mini 105c modificata per la raccolta delle olive da mensa (Fig. 60).



Figura 60. Immagine dell'agevolatrice elettrica per la raccolta agevolata delle olive Olivella Mini 105C messa sul mercato.

b) Per quanto concerne le prove di trasformazione delle olive raccolte, si può trarre la conclusione che i danni sui frutti determinati durante le fasi di raccolta, non subiscono effetti di mascheramento ed in particolare i danni più marcati rimangono comunque nettamente visibili come riportato nelle Figure 53 e 54

rendendo tali drupe non idonee alla trasformazione alla Greca naturale e rendendo necessaria la loro separazione.

- c) Per quanto riguarda le forze di distacco dei frutti, valutate su tre differenti varietà (Nera di Gonnos, Nocellara del Belice e Tonda di Cagliari) ed in due annate successive, vi è da rilevare come le stesse mutino da un anno all'altro in maniera significativa. Questa differenza di comportamento può essere attribuita sia a diversità varietali sia alle differenti condizioni meteo che nelle diverse fasi della sperimentazione hanno preceduto le fasi di raccolta, in entrambi i casi le prove sono state eseguite quando le drupe presentavano piena colorazione verde e negli stessi tempi in cui le stesse venivano raccolte in azienda per la commercializzazione e la raccolta e la percentuale di frutti rimasti sulle piante in seguito al pettinamento era pari allo 0%. Questo dimostrava che anche al variare delle forze di distacco da un anno all'altro, esse non influivano sulla capacità dell'agevolatrice di staccare le drupe.
- d) Per quanto riguarda l'esecuzione delle prove con il Texture Analyzer sulle tre varietà analizzate (Nocellara del Belice, Nera di Gonnos e Tonda di Cagliari), si può trarre la conclusione che la varietà Nocellara del Belice sia più suscettibile al danno da compressione rispetto alle varietà Nera di Gonnos e Tonda di Cagliari, evidenza confermata anche dalle immagini realizzate a 48 h dall'esecuzione del test compressione con carico imposto (Fig. 57-58-59). Nonostante la maggiore suscettibilità della cv Nocellara del Belice vi è da rilevare che le prove eseguite su questa cv con le combinazioni di parametri operativi S2V2S e S3V2S hanno in ogni caso determinato delle percentuali di frutti integri superiori al 96%. Questo sta ad indicare che la forza d'urto scaricata durante l'impatto dalle onduline, durante la raccolta, sui frutti non è sufficientemente alta da causare un'elevata percentuale di frutti danneggiati.
- e) In termini di sicurezza degli operatori (HAV), dalle analisi condotte, nella prima fase della sperimentazione, possono trarsi le seguenti considerazioni:
- Le vibrazioni trasmesse al sistema mano braccio nelle diverse condizioni operative utilizzate nell'agevolatrice elettrica, spessori, velocità e materiale plastico di rivestimento, sono influenzate fortemente dal cinematismo della testata, variando nelle diverse prove da un minimo di $6,3 \text{ m/s}^2$ a un massimo di $22,4 \text{ m/s}^2$. Probabilmente tale aspetto rappresenta l'elemento principale da tenere in considerazione dal punto di vista ergonomico.

- A parità di diametro (19 mm), il silicone e il caucciù in tutte le prove, rispetto alla gomma vulcanizzata, producevano livelli di accelerazione media ponderata (a_{hw}) superiori (17,89 m/s^2 del silicone, 13,77 m/s^2 del caucciù e 11,26 m/s^2 della gomma vulcanizzata).
 - Anche per gli spessori di diametro inferiore (14 mm), il silicone e il caucciù in tutte le prove, rispetto alla gomma vulcanizzata, producevano livelli a_{hw} superiori (14,51 m/s^2 del silicone, 10,77 m/s^2 del caucciù e 4,24 m/s^2 della gomma vulcanizzata).
 - Infine anche per gli spessori di 7 mm è stato riscontrato lo stesso esito con il silicone e il caucciù con livelli di a_{hw} superiori alla gomma vulcanizzata (12,28 m/s^2 del silicone, 9,02 m/s^2 del caucciù e 5,93 m/s^2 della gomma vulcanizzata).
 - L'analisi statistica ha evidenziato comportamenti simili alle velocità di 3000 e 4000 rpm per i due materiali di tipo elastico differenti dal materiale più rigido (gomma vulcanizzata).
 - Anche l'azione delle fronde sicuramente influenza il livello di accelerazione trasmesso alle mani degli utilizzatori, in quanto su piante diverse sono stati registrati valori di accelerazione globale differenti con valori più elevati nelle piante di ligustro rispetto alle piante di olivo.
- f) In termini di sicurezza degli operatori (HAV), dalle analisi condotte, nella seconda fase della sperimentazione, possono trarsi le seguenti considerazioni:
- Le misurazioni relative alla rilevazione dei valori di a_{hw} in m/s^2 , condotte durante le prove di raccolta eseguite su Nera di Gonnos e Nocellara del Belice ed utilizzando le combinazioni di parametri operativi S2V2S ed S3V2S, hanno evidenziato come i valori medi delle accelerazioni misurate sul sistema mano braccio (da 10 m/s^2 a 18 m/s^2) siano decisamente elevati. Per quanto riguarda il valore minimo (10 m/s^2) riscontrato sull'operatore A utilizzando le onduline da 14 mm sulla varietà Nera di Gonnos vi è da rilevare che probabilmente tale scostamento rispetto agli altri valori possa essere imputato da una differente condizione operativa dell'addetto il quale presentando una presa più salda, sull'impugnatura della macchina agevolatrice, faceva rilevare una riduzione del livello delle vibrazioni misurato.
- Rivalutando i valori di accelerazione globale, ottenuti nelle 27 prove effettuate su olivo con tutte le combinazioni testate (Tabella 32) ed i valori ottenuti con le prove eseguite sempre su olivo con il materiale Silicone alla velocità di rotazione

di 3000 rpm (Tabella 33), notiamo come questi siano tutti superiori al Valore D’Azione Giornaliero (EAV) di 2,5 m/s², imposto per legge. Superato il quale, si impone la sorveglianza sanitaria con la costituzione di una cartella sanitaria e di rischio che riporti i valori di esposizione individuali del lavoratore a vibrazioni, comunicati al Datore di Lavoro dal Servizio di Prevenzione e Protezione. Ciò impone che tutti i macchinari conformi alla Direttiva Macchine (D.P.R. 24 luglio 1996 n. 459) che producono vibrazioni superiori ai limiti di 2,5 m/s² devono essere corredati della certificazione dei livelli di vibrazione emessi.

Vi è da rilevare che successivamente all’ esecuzione delle prove, atte a misurare il livello di vibrazioni, la ditta produttrice ha modificato la macchina agevolatrice dotandola di un motore elettrico ad induzione, il quale andrebbe testato in modo da valutare l’eventuale riduzione del pericolo di “finger blanching”.

Tabella 32. Accelerazione globale nelle prove effettuate su olivo delle tre tipologie di onduline (Silicone, Gomma vulcanizzata e Caucciù), con i diametri di 19 mm, 14 mm e 7 mm e al regime di rotazione di 4000 rpm.

Ondulina	Spessore	Condizione operativa	Posizione di lavoro	Accelerazione globale
Materiale rivestimento	mm	Velocità di rotazione(rpm)	Olivo	(m/s ²)
B	19	4000	Pettinamento	11,38 ^a
R				9,59 ^b
N				7,19 ^c
B	14			11,37 ^a
R				5,73 ^b
N				3,92 ^c
B	7			6,48 ^a
R				6,31 ^a
N				2,92 ^b

Materiale: B = Silicone; N = Gomma Vulcanizzata; R = Caucciù

Le medie che non mostrano la lettera "a" sono significativamente differenti per $p \geq 0,05$.

Tabella 33. Valori medi Accelerazione (m/s²) misurati su tre operatori e rilevati sulle varietà Nera di Gonnos e Nocellara del Belice, con due differenti diametri delle onduline (14 mm e 19 mm).

Spessore	Varietà	Operatore A Accelerazione media (m/s ²)	Operatore B Accelerazione media (m/s ²)	Operatore C Accelerazione media (m/s ²)
14 mm	Nera di Gonnos	10,00 ^{n.s.}	16,00 ^{n.s.}	17,00 ^{n.s.}
19 mm	Nera di Gonnos	18,00 ^{n.s.}	16,00 ^{n.s.}	17,00 ^{n.s.}
14 mm	Nocellara del Belice	16,00 ^{n.s.}	18,00 ^{n.s.}	18,00 ^{n.s.}
19 mm	Nocellara del Belice	16,00 ^{n.s.}	18,00 ^{n.s.}	18,00 ^{n.s.}

Il test statistico non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le tesi.

10.BIBLIOGRAFIA.

1. **Unaprol – Consorzio olivicolo Italiano** “Lo scenario economico olive da tavola” - 2010”, Elaborazioni su dati Istat - Agea.
2. **Istituto nazionale di statistica (Istat), Tavola C27:** “*Superficie (ettari) e produzione (quintali): olivo,olive da tavola,olive da olio,olio di pressione*”. Anno 2011.
3. **Unaprol – Consorzio olivicolo Italiano:** “*Lo Scenario economico di settore - 2012*”, Elaborazioni su dati Istat - Agea.
4. **F. Famiani, A. Giurelli, P. Proietti, L. Nasini, D. Farinelli, P. Guelfi:** “*Sì alla raccolta agevolata in oliveti tradizionali e intensivi*”. Informatore Agrario num. 04, pag. 103 del 25/01/2008.
5. **M. Toma, M. Vieri:** “*Macchine per l’olivicoltura collinare*”. L’Informatore Agrario num. 43, pag. 89 del 29/10/2004.
6. **B. Mengozzi:** “*La raccolta delle olive e il confronto fra macchine*”. Informatore Agrario num 12, pag. 41 (2006).
7. **M. Biocca, G. Sperandio:** “*La raccolta delle olive con macchine agevolatrici*”. Informatore Agrario num. 35, pag. 85 del 15/09/2000.
8. **Tombesi, P. Guelfi, G. Nottiani:** “*Ottimizzazione della raccolta delle olive e meccanizzazione*”. L’Informatore Agrario num. 46, pag. 79 (1998).
9. **F. Paschino, A. L Pazzona:** “*Periodo utile per la raccolta meccanica delle olive in Sardegna, con e senza cascolanti*”. Studi sassaresi: organo ufficiale della Società sassarese di Scienze mediche e naturali. Sez. 3: Annali della Facoltà di Agraria dell’Università di Sassari, Vol. 24 (1976), pgg. 331-346.
10. **L. Nasini, F. Famiani, P. Proietti, M. Boco, S. Rossi, D. Farinelli, P. Guelfi:** “*Confronto tra agevolatrici per la raccolta delle olive*. Informatore Agrario num. 40, pag. 24 Supplemento Enovitis-Sime (2007).
11. **R. Gucci, M. Serravalle, M. Vieri:** “*Raccolta agevolata e meccanica delle olive*”. Informatore Agrario num. 31, pag. 35 del 23/07/2004.
12. **A. Tombesi, P. Guelfi, G. Nottiani:** “*Osservazioni sulla raccolta meccanica delle olive*”. Informatore Agrario num. 41, pag. 53 del 27/10/2000.
13. **P. Fiorino, E. Marone, A. Ottanelli:** “*Sistemi di raccolta delle olive a confronto*”. Informatore Agrario num. 38, pag. 55 del 06/10/2006.

14. **F. Bellomo, P. D'Antonio:** *“Come meccanizzare l'oliveto per avere più reddito”*. *Informatore Agrario* num. 28, pag. 36 del 10/07/2009.
15. **A. Arrivo, F. Bellomo, P. D'Antonio:** *“Raccolta meccanica in oliveto superintensivo”*. *L'Inf. Agr.* 62(1) (2006): pgg 68-71.
16. **S. Camposeo, V. Giorgio:** *” Rese e danni da raccolta meccanica di un oliveto superintensivo”*. *Atti Convegno Nazionale ‘Maturazione e raccolta delle olive: strategie e tecnologie per aumentare la competitività in olivicoltura’*. Alanno (PE), 1 Aprile 2006: 131-135.
17. **S. Camposeo, G. Ferrara, M. Palasciano, A. Godini:** *“Varietal behaviour according to the superintensive oliveculture training system”*. *Acta Hort.* 791 (2008): 271-274.
18. **S. Camposeo, F. Bellomo, P. D'Antonio, A. Godini:** *“Aspetti quantitativi e qualitativi della raccolta meccanica in un giovane oliveto superintensivo”* *Acta Italus Hortus* 1 (2009): pgg 47-50.
19. **A. Seri, M. Vieri:** *“Olive two – formula Trac raccogliitrice di olive in continuo”*. *M&MA* - n. 9 – 2008, pgg 38-42.
20. **G. Giametta, B. Bernardi:** *“Le macchine scavallatrici per la raccolta delle olive”*. *MMW* n. 1/2009, pgg 68-74.
21. **ISO/FDIS 5349-1:2001 (E):** *“Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand – transmitted vibration” (“Vibrazioni meccaniche - la misurazione e la valutazione dell'esposizione alle vibrazioni trasmesse alla mano durante le fasi di lavoro”)*.
22. **UNI EN ISO 5349-1:2004.** *“Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: Requisiti generali”*.
23. **Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 187.** Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche.
24. **Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81.** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
25. **M. Biocca, L. Fornaciari, G. Vassalini:** *Noise Risk Evaluation in Electrical Hand-Held Picking Machines for Olive Harvesting*, *Atti su CD-ROM AGENG* (2008).

26. **G. Blandini, E. Cerruto, G. Manetto:** “*Rumore e vibrazioni prodotti dai pettini pneumatici utilizzati per la raccolta delle olive*”, Atti dell’AIIA, Ancona, 11–12 settembre 1997, vol. 4, 229–238.
27. **E. Cerruto, G. Manetto, G. Schillaci:** Electric Shakers to Facilitate Drupes Harvesting: Measurement of the Vibrations Transmitted to the Hand-Arm System, Atti CIOSTA 2009.
28. **R. Deboli, A. Calvo, C. Preti:** The Use of a Capacitive Sensor Matrix to Determine the Grip Forces Applied to the Olive Hand Held Harvesters, Atti su CD-ROM dell’International Conference on “Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems”, Ragusa, 15–17 settembre 2008.
29. **V. Iannicelli, L. Ragni:** “*Agevolatrici vibranti per la raccolta delle olive*”, Rivista di Ingegneria Agraria, (1994), vol. 25, n. 4, 248–256.
30. **S. Pascuzzi, F. Santoro, V.N. Panaro:** “*Study of Workers’ Exposures to Vibrations Produced by Portable Shakers*”, Atti su CD-ROM dell’International Conference: “Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-Food Systems” September 15–17 2008, Ragusa – Italy.
31. **E. Cerruto, G. Manetto, G. Schillaci:** “*Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio da macchine agevolatrici elettriche per la raccolta di drupacee*”. IX Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria Ischia Porto, 12-16 settembre 2009. Memoria n. 8-2
32. **F. Gambella, R. Deboli, C. Preti, A. Calvo:** “*Vibration transmitted to operator’s hands by a new type of rotary pick-up for the harvest of table olives*”. International Conference RAGUSA SHWA, 3-6 September 2012, pgg 381-387.
33. **F. Paschino, F. Gambella, G. Pinna:** “*La meccanizzazione della raccolta del mirto*”. 3° Giornata di studio sul mirto: 23 settembre 2005, Sassari, Italia.
34. **F. Paschino, G. Gambella:** “*Mechanization of the harvesting of Myrtle berries (Myrtus communis L.)*”. International Journal of Mechanics and Control, Vol. 11, No. 02, 2010, pgg 9-13.
35. **F. Paschino, M. Caria, F. Gambella:** “*The Harvest of Table Olives from the Plant by Means of an Hand Harvester*” International Conference Ragusa

- SHWA 2010 - September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems” pp. 656-663.
- 36. E. Baldini:** “Arboricoltura”. CLUEB Editore (1979), pgg 224-225.
- 37. NORMA UNI EN ISO 868:2005.** “*Materie plastiche ed ebanite - Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore)*”.
- 38. International Oleic Council** (COI/OT/NC n. 15, November 2005) standards.
- 39. International Oleic Council** (COI/OT/NC n. 1, December 2004) standards.
- 40. F. Gambella, C. Dimauro, F. Paschino:** “*Evaluation of fruit damage caused by mechanical harvesting of table olives*”. Transactions of the ASABE. 56(4) (2013): pgg 1267-1272.
- 41. M.T. Riquelme , P. Barreiro, M. Ruiz-Altisent, C. Valero:** “*Olive classification according to external damage using image analysis*”. Journal of Food Engineering 87 (2008), 371–379.
- 42. K.A. Segovia-Bravo, M. Jarén-Galán, P. García-García, A.Garrido-Fernández:** “*Browning reactions in olives: Mechanism and polyphenols involved*”. Food Chemistry 114 (2009), pgg 1380–1385.
- 43. M. V. Martinez, J. R. Whitaker:** “*The biochemistry and control of enzymatic browning*”. Trends in Food Science Technology, 6 (1995), pgg 195-200.
- 44. A. Piga, M. Agabbio, J. Giannetti, M. Budroni, G. A. Farris:** “*Interventi tecnologici per la valorizzazione delle olive da tavola della varietà Manna*”. Environnement et identité en Méditerranée, Université Pascal-Paoli (Corsica), Giugno 2000, pgg 51-59.
- 45. International Oleic Council** (COI/OT/NC n. 14, November 2005) standards.
- 46. Sessiz, M.T. Özcan:** “*Olive removal with pneumatic branch shaker and abscission chemical*” Journal of Food Engineering (2006), vol.76, 148–153.
- 47. G. Blanco-Roldán, S. Castro-García, F. Jiménez-Jiménez, F.J. Castillo-Ruiz, R.R. Sola-Guirado, J. A. Gil-Ribes:** “*Recolección mecanizada del olivar de mesa con vibradores troncos*”. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Madrid, 26-29 Agosto 2013.

- 48. M. Peleg:** “*Characterization of the stress relaxation curves of solid food*”. Journal of the science, Vol. 44, No. 1 (1979): 277-281.
- 49. Z. Schmilovitch, A. Mizrach, A. Hoffman, H. Egozi, Y. Fuchs:** “*Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry*”. Postharvest Biology and Technology 19 (2000) 245–252.
- 50. R. Troncoso-Rojas, A. Sánchez-Estrada, C. Ruelas, H. S. García and M.E. Tiznado-Hernandez:** “*Effect of benzyl isothiocyanate on tomato fruit infection development by Alternaria alternata*”. Journal of the Science of Food and Agriculture **85**:1427–1434 (2005).
- 51. A. Kılıçkan, M. Güner:** “*Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading*”. Journal of Food Engineering 87 (2008) 222–228.
- 52. G. O. Pérez-Tello, M. Á. Martínez-Téllez, I. Vargas-Arispuro and G. A. González-Aguilar:** “*Chilling Injury in Mamey Sapote Fruit (Pouteria sapota): “Biochemical and Physiological Responses”*”. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4 (2): 137-145, 2009.
- 53. A. Piga, M. Agabbio:** “*Quality improvement of naturally green table olives by controlling some processing parameters*”. Italian Journal of Food Science, 15 (2), 259-268, (2003).
- 54. M. Agabbio, M. Schirra, I. Chessa:** “*Sulla valutazione di cultivar di olivo da mensa*”. Nota 2: “*Manna e Majorca*”. Studi Sass. Sez. III - Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari (XXXI): 145-151, (1984).
- 55. A. Vodret, A. Brighigna, M. Denti, N. De Angelis:** “*Le varietà di olive sarde suscettibili di trasformazione per olive da mensa verdi*”. Nota I: *Caratteristiche ed attitudini delle cvs “Pizz’e Carroga” e “Olia Manna*”. (1977). Ann. 1st. Sper. Elaiot., Pescara (VII):73-96.
- 56. A. Vodret, M. Denti, V. Vacca:** “*Le varietà di olive sarde suscettibili di trasformazione per olive da mensa. Nota II: Caratteristiche e attitudini della cv “Sivigliana*”. Studi Sass. Sez. III - (1978). Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari (XXVI): 322-332.
- 57. M. Denti:** “*Le varietà di olive sarde suscettibili di trasformazione per olive da mensa. Nota IV: Caratteristiche ed attitudini della varietà “Bosana” coltivata nel nuorese*”. Studi Sass. Sez. III - (1982). Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari (XXIX): 173-192.

58. AA.VV. 1985. *Metodologia*. In: Unidad Estr. Invest. Quim., Microbiol. Y Teen. Aceit. Mesa y Otros Prod. Veget., Sevilla (ed.): Biotecnologia de la aceituna de mesa: 385-453.
59. **A. Piga, F. Gambella, M. Agabbio, V. Vacca:** “*Variaciones químico-físicas de tres variedades de olivos de la Sardinia durante la transformación “Alla Greca al natural”*”. Biodiversidad: germoplasma local e su valorización. Actos del 4º Convegno Nacional: 517-520. Alghero, 8-11 setiembre 1998.

11.RINGRAZIAMENTI.

Voglio ringraziare il Dott. Filippo Gambella per la professionalità ed il supporto con il quale mi ha seguito in questi anni di dottorato, spronandomi ad andare avanti anche dinanzi alle difficoltà.

Un sentito grazie anche al Dott. Roberto Deboli e al Dott. Christian Preti ricercatori dell'istituto IMAMOTER di Torino che hanno fornito la loro impagabile professionalità nella raccolta di dati essenziali per la stesura delle tesi.

Un ringraziamento anche ai professori ed ai colleghi con i quali ho condiviso gli spazi ed il tempo all'interno della sezione di Ingegneria del territorio, sinceramente grazie a tutti.

Ed infine un sentito grazie a Claudia, mia impareggiabile compagna che mi ha sempre sostenuto anche nei momenti più critici senza farmi mai mancare il suo appoggio, la sua serenità e la sua infinita pazienza e a Rebecca mia figlia che nonostante le poche ore di sonno che mi concede ogni notte rimane l'essere a cui tengo di più al mondo.