



DOTTORATO DI RICERCA IN
ARCHITETTURA - TEORIE E PROGETTO

DALLA LAMPADINA ALLA CITTÀ.

Infrastrutture e reti dell'energia elettrica: valori ambientali, figurativi e funzionali

Dottoranda: Valentina Nunnari

Tutor: Prof. Alessandra De Cesaris

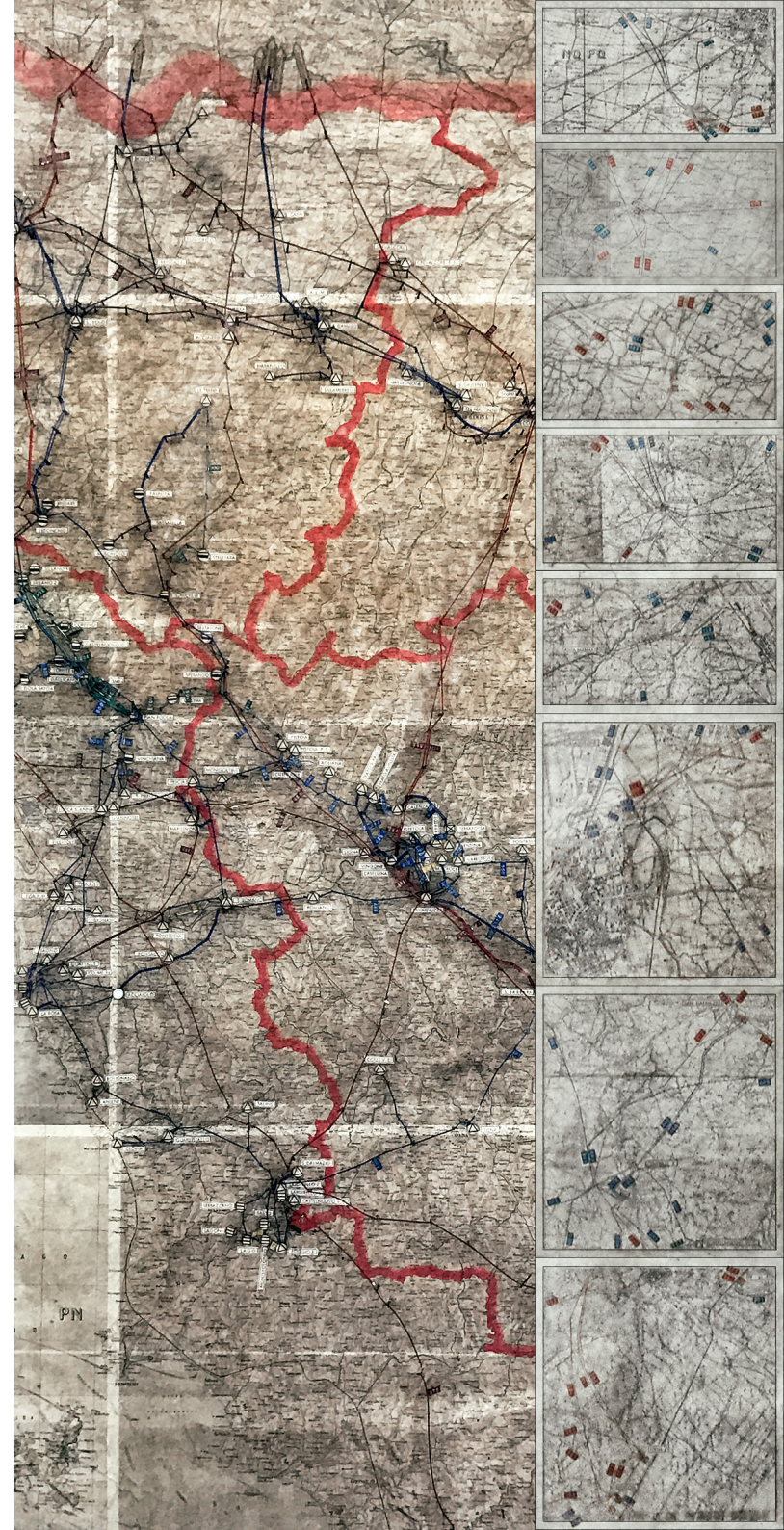
Co-tutor: Arch. Filippo Alberganti

Global Infrastructure and Networks Division
Enel SpA

Corso di Dottorato in "Architettura - Teorie e Progetto"

Coordinatore: Prof. Antonino Saggio

XXIX Ciclo / Curriculum A





DOTTORATO DI RICERCA IN
ARCHITETTURA - TEORIE E PROGETTO

DALLA LAMPADINA ALLA CITTÀ.

Infrastrutture e reti dell'energia elettrica: valori ambientali, figurativi e funzionali

Dottoranda: Valentina Nunnari

Tutor: Prof. Alessandra De Cesaris

Co-tutor: Arch. Filippo Alberganti
Global Infrastructure and Networks Division
Enel SpA

“SAPIENZA” Università di Roma

Corso di Dottorato in “Architettura – Teorie e Progetto”

Coordinatore: Prof. Antonino Saggio

XXIX Ciclo – Curriculum A

*Immagine in copertina: Plastico delle reti realizzato negli anni
Cinquanta e conservato presso l'Archivio Storico Enel di Napoli.*

Desidero ringraziare la mia tutor, la professoressa Alessandra De Cesaris, non solo per aver stimolato in me la curiosità, ma anche per avermi guidato nel percorso di ricerca e costantemente supportato e incoraggiato, anche attraverso la sua presenza nei momenti più importanti di tutto il lavoro di tesi.

Un ringraziamento va al Coordinatore del Dottorato, il professor Antonino Saggio, per tutti i suoi insegnamenti, per il suo aiuto e la sua presenza in questi anni.

La tesi è stata svolta anche grazie al patrocinio gratuito di Enel SpA. Desidero perciò ringraziare:

L'ingegnere Claudio Liberatore, *Head of Components and Materials Quality – Health, Safety, Environment and Quality - Global Infrastructure and Networks Division* che per primo ha creduto nel tema da me proposto.

L'architetto Filippo Alberganti, *New Business Solutions - Network Technology - Global Infrastructure and Networks Division*, e co-tutor della tesi, per aver messo a disposizione la sua professionalità con generosità e passione, per tutti gli utili suggerimenti e per le preziose informazioni fornite durante lo svolgimento della tesi.

L'avvocato Paolo De Luce, responsabile dell'Archivio Storico Enel di Napoli, per avermi seguito e orientato nelle ricerche svolte presso l'Archivio ed avermi fornito tutti i documenti di cui ho avuto bisogno.

L'ingegnere Massimiliano Santulli di Enel Green Power, per avermi accompagnato durante il sopralluogo nella città di Larderello, durante la visita al Museo della Geotermia, al pozzo dimostrativo e alla centrale Enel di Valle Secolo, nonché per avermi fornito importanti spiegazioni tecniche e storiche.

Fabio Sassara, specialista tecnico in Progettazione Illuminotecnica – Enel Sole, per avermi dato l'opportunità di entrare in contatto con le professionalità di Enel SpA.

PARTE I. PRESENTAZIONE DELLA RICERCA

PARTE II. LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA: LE RISORSE NATURALI E LE TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

PARTE III. LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA: FOCUS SULL'ARCHITETTURA DELLE CENTRALI ELETTRICHE

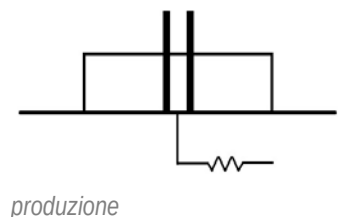
PARTE IV. LA TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

PARTE V. LA CITTÀ | Oggetto di sperimentazioni

PARTE VI. LA CASA | Da “punto di arrivo” a “nodo di partenza”

APPENDICE

SELEZIONE BIBLIOGRAFICA



PARTE I. PRESENTAZIONE DELLA RICERCA

- Descrizione del tema oggetto di indagine p.2
- Definizione e funzionamento dell'infrastruttura elettrica p.4
- Metodologia e struttura della tesi p.8
- Obiettivi p.13
- Soggetti coinvolti, attività svolte e strumenti di indagine p.16

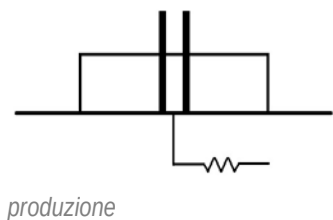
PARTE II. LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA: LE RISORSE NATURALI E LE TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

2.1 Energia dall'Acqua

- Il carbone bianco e la scelta idroelettrica p.20
- Le dighe: tecniche realizzative e tipologie p.22
 - La diga di Paduli, 1906-1911
 - Le dighe del Lago Verde (1915-1919) e del Lago di Ballano (1907-1909)
 - La diga del Lago Delio, 1909-1911
 - Le dighe delle Mesce (1912-1917) e di Valmorta (1917-1923)
 - Le dighe di Riolunato (1918-1920) e di Ozola (1925-1929)
 - La diga del Lago dell'Inferno, 1941-1944
 - La diga di S. Giustina, 1946-1950
 - La diga dell'Ambiesta, 1955-1957
 - La diga di Vodo, 1958-1960
 - La diga di Gallo, 1963-1966
 - La diga di Polverina, 1963-1967
 - La diga di Guadalami, 1958-1960
 - La diga di Corbara 1959-1963
- La difesa del paesaggio idroelettrico p.40
- Le alternative all'idroelettrico: vecchie fonti per nuovi paesaggi p.42

2.2 Energia dal Sole

- L'oro elettrico p.48
- Lo sfruttamento diretto p.50
 - Centrale fotovoltaica Enel *Eurelios* di Adrano, Catania, 1981
 - Centrale solare *Gemasolar*, Fuentes de Andalucía, Siviglia, 2011
 - Centrale fotovoltaica *Noor1*, Ouarzazate, Marocco, 2016
- Lo sfruttamento indiretto p.55
 - Limoneira Company, *5.5 Acre Solar Orchard Juices*, Santa Paula, California, 2008
 - Centrale fotovoltaica di Carrozzolo, Bari, 2008
 - Centrale fotovoltaica di Carbonia, 2009



2.3 Energia dal Vento

- Dai mulini alle pale eoliche

Centrale eolica Enel di Alta Nurra, Sassari, 1992

EnergieLandschaft, Morbach, Germania, 2001

Czstudio, Parchi eolici di Monte San Chirico e Spina, Roseto Valfortore, Foggia, 2003-2006

Czstudio, Parco eolico di Coppa di Mezzanella, Alberona, Foggia, 2004-2008

- Il concorso Enel *Paesaggi del Vento*, 2001

Progetto *L'ombra del vento* per la centrale eolica di Cinisi, Palermo

Progetto *Traccia* per la centrale eolica di Pescopagano, Potenza

2.4 Energia dal Sottosuolo

- Riconversioni energetiche: la storia di Larderello e del suo territorio

- I percorsi della geotermia

PARTE III. LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA: FOCUS SULL'ARCHITETTURA DELLE CENTRALI ELETTRICHE

3.1 Le centrali, monumenti dell'elettricità

Cesare Cipolletti, Centrale di Vizzola Ticino, 1901

Gaetano Moretti, Centrale di Trezzo d'Adda, 1904-1905

Aristide Zenari, Centrale di Malnisio *Antonio Pitter*, 1905

Piero Portaluppi, Centrale di Verampio, 1907

Vincenzo Ferniani, Centrale di Basso Nove (1915) e Centrale di Fadalto (1923)

Cesare Bazzani, Centrale di Galleto, 1928

Giovanni Muzio, Centrale di Vizzola Ticino (nuova centrale), 1937

- Antonio Sant'Elia: la centrale elettrica come monumento e simbolo

3.2 Dal monumento all'edificio razionale

- Il funzionalismo di Gaetano Minnucci nelle centrali elettriche sul Tevere, 1948-1959

- «Protagonista Elettricità», le centrali di Gio Ponti

3.3 La ricerca contemporanea

- Le centrali miniaturizzate

Becker Architekten, Centrale Idroelettrica a Kempten, Germania, 2010

Matteo Thun & Partners, Centrale a biomasse, Schwendi, Germania, 2006-2008

- Le centrali mascherate

UNStudio Architects, Stazione di trasformazione elettrica, Amersfoort, Olanda, 1990-1993

UNStudio Architects, Stazione di trasformazione elettrica, Innsbruck, Austria, 1997-2002

Monovolume Architecture + Design, Centrale Idroelettrica, Villetta, Italia, 2008-2009

Monovolume Architecture + Design, Centrale idroelettrica *Punibach*, Malles, Italia, 2010

C.F. Møller, Stazione GIS, Vejen, Danimarca, 2011-2013

NORD ARCHITECTS, *London Olympics Substation*, Londra, 2012

p.60

p.63

p.67

p.70

p.72

p.75

p.80

p.91

p.96

p.98

p.100

p.104

p.106

p.111

NL Architects, *TRAFO*, Westerdoksdijk, Amsterdam, 2014
 Erick van Egeraat, Termovalorizzatore di Roskilde, Danimarca, 2014
 Schmidt Hammer Lassen Architects, Termovalorizzatore di Shenzhen, Cina, 2016 (in costruzione)

- Le centrali ibridate

p.122

NL Architects, *Power Tower*, Taichung, Taiwan, 2010
 Atelier Pierre Thibault, *Belvédère De Val-Jalbert*, Val-Jalbert Historical Village, Chambord, Canada, 2014
 Zgf Architects Llp, *Stanford University Central Energy Facility*, Palo Alto, California, 2015
 BIG – Bjarke Ingels Group, *Amager Resource Center*, Copenhagen, in costruzione
 NL Architects, *Plant of the Future*, Hoogvliet, Rotterdam, 2002

- Le centrali dismesse

p.128

Centrale Tejo - Museo dell'elettricità, Lisbona, 1990
Centrale Montemartini, Roma, 1997
 Herzog & De Meuron, *Tate Modern*, Londra, 2000
 Herzog & De Meuron, *CaixaForum*, Madrid, 2001-2008
Power Station of Art, Shanghai, 2012
 Rafael Viñoly, *Centrale di Battersea*, Londra, 2013-2025
 Renzo Piano, *Centrale Elettrica GES2*, Mosca, 2015 (progetto)
 Arons en Gelauff, *Spazi ricreativi e culturali dai sili per la depurazione*, Amsterdam, 2009

- Progetto Enel "FUTUR-E"

p.135

Ipotesi di riconversione della Centrale a turbogas di Alessandria – risultati del concorso
 Progetto XXL – Xtreme Xperience Land
 Progetto Anello di una storia che continua
 Progetto C.O.R.ZE.T.TI – Centro Oncologico, Residenze assistite e Trattamenti riabilitanti

PARTE IV. LA TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

4.1 Le reti elettriche: una trama che intesse il territorio

p.144

- I concorsi per il restyling della rete

p.155

Concorso Enel *Sostegni per l'ambiente*, 1998
 Concorso Terna *Tralicci per il futuro*, 2010
 Concorso *Icelandic High-Voltage Electrical Pylon International Design Competition*, 2008

PARTE V. LA CITTÀ | Oggetto di sperimentazioni

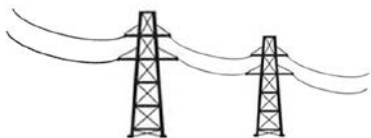
5.1 L'energia elettrica entra in città

p.162

5.2 Visioni di città

p.176

- La città elettrica del Futurismo p.178
- La nuova Larderello di Giovanni Michelucci p.182
- *Plan 22@Barcelona* p.189
- *Forum 2004*, Barcellona - *La Esplanade* di José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres Architects, 2004 p.194



trasmissione / distribuzione



utente

5.3 La città temporanea

- EXPO Milano 2015 - Smart City

p.198

5.4 Le “ipercittà” dell’energia elettrica

p.200

p.202

MVRDV and GRAS, *Logroño Montecorvo Eco City*, 2008

BIG, *Zira Zero Island*, 2009

Foster+Partners, *Masdar City*, 2007

5.5 I sistemi diffusi per l’energia elettrica

p.210

NL Architects, *Power Flowers*, 2010

I progetti di Newind

Ecosistema Urbano, *Eco Boulevard in Vallecas*, Madrid, 2004-2007

PARTE VI. LA CASA | Da “punto di arrivo” a “nodo di partenza”

6.1 La casa si trasforma con l’elettricità

p.220

La casa di William Armstrong a Cragside, Inghilterra, 1880

La *Villa Féria Electra* di Georges Knap a Troyes, Francia, 1907

6.2 Nuovi oggetti, nuovi spazi, nuovi habitat

p.230

Gruppo 7 con Piero Bottoni, *La Casa Elettrica*, 1930

6.3 Dalla casa elettrica alla casa domotica

p.240

6.4 La casa come piccola centrale di produzione

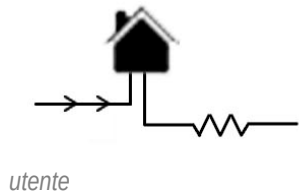
p.244

Il *Power Plant* domestico di Guus Van Leeuwen, 2008

Renzo Piano, *Diogene*, Weil am Rhein, Germany, 2011-2013

APPENDICE

SELEZIONE BIBLIOGRAFICA



Descrizione del tema oggetto di indagine

L'idea della tesi nasce dall'iniziale curiosità di capire qual è stato in passato e quale può essere oggi un possibile significato e ruolo delle infrastrutture nel progetto alle varie scale.

Mi occupo in particolare dell'infrastruttura elettrica, intesa come insieme dei nodi di produzione e delle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia, poiché essa, fin dalla sua comparsa e nel suo progressivo sviluppo, intesse relazioni complesse con l'ambito dell'architettura, oltre che dell'ingegneria, dell'economia, della società, dell'ambiente e dell'arte.

Interesse principale di questa ricerca è quindi indagare il rapporto di questo particolare tipo di infrastruttura con l'ambito dell'architettura, analizzandone gli aspetti teorici e illustrando gli esiti progettuali.

La ricerca analizza l'infrastruttura dell'energia elettrica quale strumento in grado di offrire soluzioni tecniche, di incidere, disegnare,

conferire qualità ai contesti naturali e antropici e di influire sullo sviluppo di tali ambiti.

Il sistema elettrico è studiato sia dal punto di vista tecnico, sia da quello formale e l'indagine si muove su diversi livelli di ragionamento e scale di analisi (da quella territoriale a quella domestica).

Viene delineato un percorso che, attraverso i principali cambi di paradigma occorsi in oltre un secolo di vita dell'infrastruttura elettrica e del modo di utilizzarla nel progetto dei luoghi, parte dall'analisi dei sistemi tradizionali di produzione dell'energia elettrica e di categorie di utenti e arriva a mostrare nuovi e più recenti sistemi. Questi servono da un lato ad indicare una possibile prospettiva futura dei progetti architettonici, dall'altro a fornire nuovi elementi per il progetto contemporaneo.

Il tema più generale delle infrastrutture non è di certo nuovo: è stato anzi in vari modi affrontato già nel corso dei secoli precedenti, in particolar modo dall'Ottocento in poi. Le infrastrutture sono

state il prodotto della sensibilità e mentalità di una specifica società, di un specifico periodo, nonché di diversificate conoscenze in campo tecnologico.

È quindi importante domandarsi come e perché oggi dovremmo tornare nuovamente a una riflessione sul significato e sul ruolo di reti e nodi infrastrutturali, sia dal punto di vista funzionale, sia dal punto di vista formale e progettuale:

- il primo motivo risiede nello *scollamento* tra la progettazione delle infrastrutture e la progettazione dei contesti antropici, che solo in pochi casi procedono in sinergia. Da ormai diversi decenni a questa parte, si assiste infatti allo sfaldamento del rapporto tra la progettazione delle opere tecniche e il progetto della città e dei territori, che solo in fortunati esempi sembrano essere pensati contemporaneamente;

- il secondo motivo risiede nella questione *qualitativa* delle infrastrutture. Queste, nella pratica comune, sono troppo spesso pensate come sole opere funzionali: nella loro

progettazione non viene considerata la potenzialità di incidere qualitativamente sulla configurazione degli spazi abitati o naturali;

- il terzo motivo attiene alla *potenziale nuova prospettiva* che l'architetto assume di fronte ai nuovi problematici orizzonti che la scarsità delle risorse energetiche pone. È nel controllo del consumo e nell'ottimizzazione delle risorse che le infrastrutture di servizio possono intervenire in modo incisivo e l'architetto può prendere come stimolo per aprire nuovi scenari progettuali.

Definizione e funzionamento dell'infrastruttura elettrica

Quando si fa riferimento al termine "infrastruttura" non sempre appare immediato l'oggetto cui ci si riferisce, in quanto il suo significato non è univoco.

Sembra opportuno inquadrare l'oggetto della ricerca partendo dalla definizione dell'enciclopedia Treccani, il termine "infrastruttura": «In economia, indica l'insieme di beni materiali e servizi che non entra direttamente nel processo produttivo (strade, canali, linee ferroviarie, linee elettriche e telefoniche, porti, acquedotti, fognature, opere igienico-sanitarie ecc.), ma costituisce la base dello sviluppo economico-sociale di un paese e, per analogia, anche di strutture che si traducono in formazione di capitale umano, quali l'istruzione pubblica, specie professionale, e la ricerca scientifica intesa come supporto indispensabile per le innovazioni tecnologiche. Le infrastrutture, con riferimento alla distribuzione sul territorio, presentano la caratteristica di essere organizzate in reti, a differenza delle attrezzature cosiddette

'puntuali' (scuole, ospedali ecc.); l'insieme delle infrastrutture e delle attrezzature di cui un paese è dotato forma il capitale fisso sociale.».

Già da questa prima definizione capiamo la moltitudine degli elementi a cui si fa potenzialmente riferimento quando si utilizza il termine di "infrastruttura".

Sono infrastrutture tanto le reti di servizio quanto le grandi opere sanitarie, di istruzione o a vocazione culturale, cioè tutto quanto concorre, seppure non in maniera diretta, allo sviluppo economico e sociale di un paese, nonché allo sviluppo urbanistico.

In letteratura è frequente trovare le infrastrutture suddivise in materiali e immateriali. Tra le prime si annoverano le reti per la mobilità, le reti di distribuzione dei servizi primari (acqua, energia, ecc.), mentre con le seconde si intendono tutte quelle strutture dedicate alla formazione, allo sviluppo e all'innovazione (centri di ricerca, scuole, servizi alle imprese ecc.). Alcuni studiosi nel corso del secolo hanno fornito diversi tipi di

classificazione delle infrastrutture, fra questi troviamo Niles M. Hansen¹, che già nei suoi studi degli anni '60 definiva come infrastrutture economiche tutte quelle in grado di influenzare direttamente lo sviluppo economico di un territorio, e come sociali quelle in grado di influenzarlo indirettamente. Secondo questa lettura sarebbero quindi infrastrutture economiche le autostrade, gli aeroporti, le reti di distribuzione di acqua, gas, elettricità, le reti fognarie ecc., poiché esse sono lo scheletro attraverso il quale si alimenta qualsiasi attività produttiva, mentre quelle finalizzate al benessere sociale, che indirettamente influisce sul benessere economico, sono le scuole, gli ospedali, gli impianti di smaltimento dei rifiuti, le strutture per l'assistenza a malati e anziani e così via.

Secondo l'interpretazione di Aschauer², abbracciata e ripresa in seguito anche da altri studiosi, le infrastrutture si dividono in *core* e *non-core*. Le *core*, che sono le infrastrutture che

si legano in modo diretto ai processi produttivi, fanno riferimento a tutte le reti della mobilità e del trasporto e a tutte le reti di servizio per la distribuzione dei beni primari mentre le *non-core*, secondo questa analisi, sono soltanto una parte residuale delle infrastrutture.

Infine, tra le analisi più rilevanti condotte nei decenni scorsi, Biehl³ distingue le infrastrutture a rete dalle infrastrutture a nucleo.

Le prime sono le reti stradali, ferroviarie e le vie d'acqua, ma anche le reti di comunicazione e le reti di distribuzione dei servizi, le seconde quali ad esempio scuole, ospedali o musei sono definite come infrastrutture "a nucleo". Non bisogna però distinguerle tanto per la diversa configurazione, appunto a rete o nodale, quanto per l'area di influenza su cui insiste; così se per esempio una infrastruttura puntuale è in grado di servire una intera porzione di territorio, essa è in realtà assimilabile ad una infrastruttura a rete.

Secondo le indagini fin qui proposte, allora, risulta che la rete dell'energia elettrica è di tipo economico, *core*, materiale, a rete.

Il flusso che l'infrastruttura elettrica genera e trasmette è ovviamente l'elettricità, che presenta una serie di caratteristiche positive.

In primo luogo, la possibilità di essere ottenuta da qualsiasi fonte di energia, combustibile fossile, chimica, nucleare, da biomassa, dal sole con la conversione termodinamica o fotovoltaica, dal vento, dalle onde del mare, dai gradienti termici oceanici, da qualsiasi fonte di calore che generi differenze di temperature.

In secondo luogo, la trasformazione delle fonti energetiche in elettricità può avvenire tramite centrali termiche o idriche, con turbine o alternatori, mediante conversione fotovoltaica o a celle a combustibile.

Ancora, l'energia elettrica può essere sia ottenuta che trasformata in energia di posizione (si pensi ai bacini idrici), energia chimica (come metanolo o idrogeno), energia meccanica (volani).

Infine, altre caratteristiche positive dell'elettricità sono rappresentate dalla possibilità, grazie all'avanzamento tecnologico, di realizzare

generatori di grande potenza ma di piccole dimensioni, e che sia possibile ovviamente trasportarla o accumularla.

Tutto questo concorre a descrivere l'elettricità come un sistema estremamente articolato e in cui le ricerche, non solo in campo scientifico, hanno molte possibilità di dare vita ad un grande numero di sviluppi, soluzioni, applicazioni.

Prima dunque di analizzare il rapporto che questa particolare infrastruttura intesse con l'ambito dell'architettura, appare utile descrivere la "filiera del sistema elettrico", analizzata nelle sue varie componenti.

Il sistema di produzione e le fonti di energia

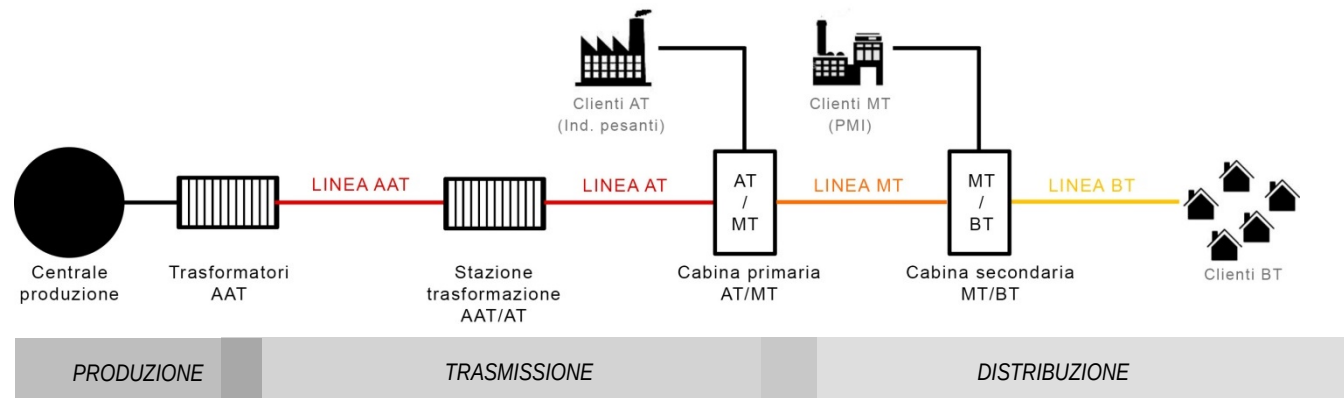
L'energia elettrica non esiste in natura, bisogna produrla. Occorre, in altre parole, trasformare l'energia che si ricava da varie fonti primarie in elettricità; tale processo avviene nelle centrali elettriche che si differenziano appunto per la diversa natura della fonti primarie che utilizzano. Distinguiamo le fonti principalmente in due gruppi:

- Fonti non rinnovabili: attualmente ancora diffusamente utilizzate, queste fonti sono i combustibili fossili, cioè petrolio, carbone e gas. Per definizione tali risorse sono associate a riserve non inesauribili.
- Fonti alternative: si definiscono "alternative" tutte quelle energie ricavate da fonti differenti dai combustibili fossili, ma non per questo non inesauribili (essenzialmente l'uranio).

A questa famiglia, pertanto, appartengono:

- L'energia nucleare
- Le energie rinnovabili (acqua, sole, vento, sottosuolo)

Schema che illustra l'articolazione del sistema elettrico



6

Alle varie fonti utilizzate corrispondono diversi tipi di centrali elettriche.

Le principali sono:

- Centrali termoelettriche (petrolio, carbone, gas)
Particolari tipi di centrali termoelettriche sono:
 - Termovalorizzatori
 - Centrali a biomasse
- Centrali nucleari: esse possono essere a fissione oppure a fusione nucleare

- Centrali idroelettriche: esse possono sfruttare l'energia cinetica dell'acqua fluviale, oppure l'energia potenziale di masse d'acqua a caduta
- Centrali solari
- Centrali fotovoltaiche
- Centrali eoliche
- Centrali geotermiche

La rete di trasmissione

La rete di trasmissione ha il compito di collegare le centrali di produzione (anche detti punti di immissione) con le cabine primarie di trasformazione. Tale rete copre larghe distanze, poiché la sua diffusione non riguarda il solo territorio nazionale ma connette la rete elettrica italiana con la rete elettrica europea, dalle cui centrali di produzione viene in parte importata l'energia elettrica di cui disponiamo.

Questa rete di grande distanza è gestita da Terna, ha una diffusione di 63.500 km e ha una struttura a maglia, caratterizzata da più collegamenti tra un nodo e l'altro.

Il sistema attraverso cui Terna svolge l'attività di trasmissione è complesso e organizzato in diversi elementi:

- I trasformatori di AAT: questi ricevono l'energia dai vari punti di immissione (nazionali o dai punti di confine)
- Le linee elettriche AAT e AT che trasportano l'energia
- Le stazioni di trasformazione dell'AT

Tali stazioni consentono all'energia in alta tensione di essere trasformata in media e bassa tensione e così ceduta alle società di distribuzione che si occuperanno di trasportarla alle utenze finali.

La rete di distribuzione

La rete di distribuzione rappresenta il tratto conclusivo della filiera del sistema elettrico. A questo stadio corrisponde la trasformazione dell'energia elettrica da alta tensione a media tensione, che può così essere consegnata all'utenza finale.

La prima trasformazione avviene nella cabine primarie (passaggio da AT a MT), successivamente l'energia a MT arriva alle cabine secondarie, dove è ulteriormente trasformata in bassa tensione. Solo dopo essere stata trasformata, l'energia può essere consegnata (attraverso la cessione alle società di vendita) in maniera capillare alle utenze. Tale rete ha una struttura radiale che procede dalle tensioni più elevate a quelle più basse.

Gli elementi di cui si compone la complessa infrastruttura della rete di distribuzione quindi sono:

- Le cabine primarie dove avviene la trasformazione AT-MT
- Le cabine secondarie dove avviene la trasformazione MT-BT
- Le linee elettriche di MT e di BT



Mappa della rete elettrica italiana
Fonte: Presentazione "Le reti di trasmissione" a cura di Terna Energia

Metodologia e struttura della tesi

Il tema è ricco di complessità e può essere analizzato secondo diversi livelli. Pertanto fin da subito ho cercato un modo per organizzare la grande quantità di dati che emergeva durante la ricerca e che potesse aiutarmi a dare una struttura coerente alla tesi.

Procedendo nello studio mi sono resa conto che:

- vi erano dati storici corrispondenti alle diverse tappe attraverso le quali il sistema elettrico si è sviluppato, diffuso ed evoluto. Un primo lavoro è consistito dunque nell'individuare i momenti storici o le singole date più importanti allo scopo di delineare un chiaro profilo evolutivo dell'infrastruttura, con particolare riguardo a tutte le occasioni di "contatto" tra le trasformazioni del sistema elettrico e le trasformazioni dei contesti antropici in cui si inseriva. Tali informazioni sono state racchiuse all'interno di quello che ho voluto nominare *livello cronologico*;
- l'infrastruttura, per la sua natura e tecnologia, agisce a **differenti scale**, nessuna delle quali escludibile dall'analisi. Le scale individuate sono

quella territoriale, urbana, architettonica, domestica e le ritroviamo in quello che ho voluto nominare *livello dimensionale*;

- l'infrastruttura è composta da **elementi eterogenei**. Si articola infatti in un sistema composto da linee, elementi puntuali e nodi. Ho voluto nominare tale articolazione come *sistema reti-nodi*.

Pertanto l'analisi verrà condotta seguendo tre livelli di riflessione: il *livello cronologico*, il *livello dimensionale* e il *livello sistema reti-nodi*.

Il **livello cronologico**: ho suddiviso l'analisi temporale in quattro fasi principali (1880-1930, 1930-1960, 1960-oggi, indirizzi attuali) corrispondenti alla possibilità di ritrovare temi prevalenti in esse.

Ho scelto, per esempio, di non far coincidere le date di inizio e fine di una fase con gli eventi storici di interesse generale come le guerre mondiali, preferendo invece eventi di interesse specifico del tema di analisi. Infatti, in questo

senso, durante le guerre mondiali si registra la distruzione delle opere realizzate. Di conseguenza, in base alla mia lettura, è sembrato più utile includere il periodo bellico e il periodo post-bellico di ricostruzione in una stessa fase temporale.

- il primo periodo va dalla nascita dell'infrastruttura elettrica, che è stabilita intorno al 1880, fino al 1930: ad esso corrisponde la fase di sperimentazione del sistema elettrico e dei primi tentativi di espansione della rete alle varie scale;
- il secondo periodo va dal 1930 al 1960: ad esso corrisponde la fase di definitiva acquisizione della nuova scoperta e della diffusione del sistema elettrico, che continua ad incidere profondamente sul disegno e sull'espansione dei contesti alle varie scale. Tale periodo comprende gli anni della diversificazione delle fonti energetiche, che apre allo scenario delle ricerche contemporanee e quindi alla creazione di nuovi modelli e nodi di

produzione dell'energia elettrica. Gli anni Sessanta, poi, sono gli anni della cosiddetta "nazionalizzazione" del sistema elettrico;

- il periodo che va dal 1960 ad oggi: comincia ad affermarsi il problema della sostenibilità in campo energetico, dell'impatto ambientale di tutte le opere legate all'infrastruttura elettrica, e comincia ad emergere la questione relativa all'estetica della rete. Si registra inoltre una nascente sensibilità nei confronti del progetto delle reti in relazione al progetto delle città;

- infine il periodo che riguarda gli *indirizzi attuali*: si assiste ad un cambio di paradigma che interessa non solo il modo di concepire l'infrastruttura elettrica, ma anche un nuovo modo di includere la tematica energetica nel progetto architettonico alle varie scale. Si aprono nuovi scenari progettuali che investono il dibattito contemporaneo.

Il **livello dimensionale** racchiude le scale di grandezza attraverso le quali viene condotta l'analisi e cioè il territorio, la città, l'architettura e

l'ambiente domestico, procedendo dalla scala più grande alla più piccola.

- vengono dunque analizzate le trasformazioni del *territorio* in relazione alle sue risorse, come è cambiato a seguito dell'introduzione del sistema elettrico, dell'inserimento degli impianti nel paesaggio, dell'ampliamento e della diffusione delle centrali e della rete in esso nel corso degli anni;

- alla scala della *città* si evidenzieranno le ricadute che l'introduzione dell'elettricità, nelle sue forme dell'illuminazione pubblica e dei trasporti elettrificati, ha avuto sulla popolazione sia sul piano morfologico che a livello psicologico-percettivo dei caratteri della città stessa; procedendo nell'analisi verranno poi mostrati i risultati contemporanei del progetto della città in relazione all'infrastruttura elettrica;

- nella parte riservata all'*architettura* si condurrà un'analisi focalizzata sulle centrali intese come opere architettoniche e non solo prettamente funzionali;

- alla scala *dell'ambiente domestico* emergeranno i cambiamenti degli spazi della casa conseguenti all'introduzione dell'elettricità e, in seguito, dei vari elettrodomestici, fino all'ultimo cambio di paradigma: l'energia elettrica può essere prodotta dall'abitazione stessa che, da iniziale utente, diviene un piccola centrale e dunque un potenziale produttore.

Il **livello del sistema reti-nodi**: il terzo livello sostiene i due precedenti e facilita la lettura morfologica e la classificazione degli elementi che hanno uno sviluppo lineare (le linee ad altissima, alta, media e bassa tensione, aree o sotterranee), puntuale (tralicci, pali per l'illuminazione, ecc.) o che costituiscono dei veri e propri nodi (le centrali, le stazioni di trasformazione ecc.). Così facendo, emerge il ruolo di tali elementi alla scala adeguata, nel disegno del territorio, della città, dell'architettura e della casa. In altre parole, una diga ha un riscontro a livello territoriale più di una cabina di trasformazione secondaria, la quale invece incide di più a scala urbana.

Come intrecciare questi dati in un discorso organico senza rischiare di escludere nessuna riflessione?

Il lavoro preliminare è stato quindi quello di comporre delle *matrici* in cui incrociare i livelli individuati, che a loro volta contengono i dati trovati nel corso dell'analisi. Queste matrici, che ho chiamato *quadri sinottici*, servono non solo a mostrare la metodologia utilizzata per la tesi, ma anche ad orientare nel corso della lettura oppure a ritrovare informazioni puntuali all'interno del testo.

Non tutte le questioni presentate nei quadri sinottici hanno lo stesso peso o saranno trattate allo stesso modo.

I quadri sinottici sono due:

1) nel *Quadro sinottico 1* metto in relazione il livello cronologico con il livello dimensionale



2) nel *Quadro sinottico 2* metto in relazione il livello dimensionale con quello del sistema reti-nodo



L'incrocio finale tra tutti e tre i livelli, invece, si ritroverà nel corpo della tesi.

Di seguito vengono proposti i due quadri sinottici nel loro ultimo stato di avanzamento.

QUADRO SINOTTICO 1

	1880 - 1930	1930 – 1960	1960 - OGGI	INDIRIZZI ATTUALI
TERRITORIO	- La questione del "carbone bianco", lo sfruttamento delle cadute idriche - Accrescimento degli impianti (gigantismo) - Fine '800 prime rimostranze contro distruzione paesaggio Tutela del paesaggio: L. 185 del 12 giugno 1902 L. 778 dell' 11 giugno 1922 - Primi tentativi di trasporto energia a lunga distanza - Espansione delle reti - Sviluppo della geotermia a Larderello e prime ricerche sulle "fonti rinnovabili" (<i>solar ponds</i>) - Regolazione di bacini e invasi tramite la costruzione delle grandi dighe e delle altre opere idrauliche	Tutela del paesaggio: L. 1089 del 1 giugno 1939 L. 1497 del 29 giugno 1939 - Elettrificazione del Mezzogiorno - Stagione della diversificazione (centrali termoelettriche) - Linea a 220 kV Trentino - Rete lombardo-piemontese 7000 Km di linee elettrificate per trazione - Primi tentativi di elettrificazione rurale	- Espansione delle linee e diffusione delle centrali - Campagna di elettrificazione rurale - Questione del nucleare in Italia - Problema della sicurezza impianti idroelettrici - Questione dell'impatto ambientale e visivo - Nuovi modelli per il risparmio delle risorse e il rispetto dell'ambiente - Concorsi di progettazione sui tralicci L. Galasso 431/1985 - Ricerca e sviluppo degli impianti da fonti rinnovabili: solare, fotovoltaico, eolico, geotermico	- Questione dell'equilibrio tra natura e tecnica - Sviluppi delle applicazioni sulle fonti rinnovabili (solare, fotovoltaico, eolico, geotermico) - Questione dell'accettabilità sociale degli impianti e sindrome "NIMBY" Concetto di <i>dual land use</i>: - Agro-energia - Coltivazione delle energie - Ricerca di fonti alternative (bioenergie) - Fenomeno del "turismo energetico"
CITTÀ	Avvio elettrificazione dei centri urbani attraverso: - Illuminazione di caffè, negozi e strade: - Caffè Gnocchi, 1880 - Galleria Vittorio Emanuele, 1881 - Teatro alla Scala, 1882 - Caffè Biffi, 1882 - Portico nord piazza Duomo, 1882 - Elettrificazione trasporti - Centrale di via Santa Radegonda, 1883 - Impianto Tivoli-Roma Utilizzo del sottosuolo come strato funzionale: - Condutture sotterranee e gallerie di servizi "Catacombe elettriche" - Fenomeno di urbanizzazione - L'elettricità nel Futurismo - Fine anni Venti: città già congestionate da traffico e linee tranviarie e aeree	- Trasformazione della struttura urbanistica della città - Aumento dei collegamenti da e per la città - Decentramento delle attività produttive (conseguenza sviluppo dei trasporti sia su ferro che su gomma) - Completo sviluppo e affermazione dell'illuminazione pubblica - Arredo urbano: semafori, insegne luminose - Illuminazione di infrastrutture come porti e aeroporti - Illuminazione di luoghi ricreativi (stadi e ippodromi) - Caso studio: nuova città di Larderello su progetto di Giovanni Michelucci	- Massiccia presenza di tralicci e pali delle linee elettriche - Cambiamento della planimetria urbana in base alle esigenze di trasporto su ferro e gomma - Progetti in cui le reti hanno assunto un ruolo centrale per lo sviluppo di aree urbane (Progetto @22 Barcellona o "La Esplanade" per il progetto Forum2004)	Verso una città autosufficiente - Smart city / Eco City - Le "<i>ipercittà</i>" dell'energia - Sistemi diffusi per la produzione di energia elettrica in città

QUADRO SINOTTICO 1

ARCHITETTURA	- Le centrali elettriche come monumento (Esterle, Trezzo d'Adda, Vizzola ecc.) - Fenomeno del "mimetismo" nel paesaggio	- Passaggio verso l'edificio "razionale", riduzione ed "elementarismo" delle forme - Affermazione e sviluppo della disciplina dell'illuminotecnica	- Standard vs estetica - Sviluppo dei sistemi di produzione da fonti rinnovabili e conseguente abbandono della ricerca qualitativa su impianti di tipo tradizionale.	Le diverse tendenze della contemporaneità: - Miniaturizzazione - Mascheramento - Ibridazione - Dismissione e riconversione vecchi impianti
CASA	- Elettricità per usi domestici quasi inesistente e solo per una élite di persone - La casa di William Armstrong a Cragside - La villa elettrica di Georges Knap - Anni '20: campagne per incrementare l'utilizzo di elettricità e promozione di lampadine, interruttori, prese, spine, telefono	- Anni '30 - Inizio della trasformazione degli ambienti domestici, anche se elettricità ancora bene di lusso - Anni '50-'60 - Diffusione dell'elettrificazione per usi domestici; elettrodomestici - La "Casa Elettrica" di Figini e Pollini - Anni '40: habitat privato come luogo funzionale - Elettrodomestici più diffusi, permane arretratezza rispetto ad altri paesi	- Ricerca sulla casa domotica. Non più solo una rete per l'elettricità in casa ma un sistema che si automatizza e che l'utente comincia a controllare - Introduzione del primo contatore elettronico	- La casa diviene un "nodo" poiché diventa una piccola centrale di produzione. L'abitazione non è quindi più solo dotata di un semplice sistema elettrico, ma un sistema "smart" che invia e riceve informazioni che l'utente controlla e gestisce. - L'utente si trasforma in un cliente

QUADRO SINOTTICO 2

	RETE	ELEMENTI PUNTUALI	NODI
TERRITORIO	Linee AAT e AT	• Tralicci • Pale eoliche • Pannelli solari / fotovolta.	• Dighe • Centrali di produzione • Stazioni di trasformazione • Cabine primarie
CITTÀ	Linee MT e BT	• Elementi per l'illuminazione pubblica • Sistemi "mini" e diffusi di produzione	• Centrali di produzione • Cabine secondarie • Città come organismo che produce
ARCHITETTURA	Sistemi per edifici sostenibili e autosufficienti	Elementi di illuminotecnica	Centrali di produzione
CASA	Gli impianti domestici	"Oggetti elettrici"	Casa come "nodo"

Alle riflessioni appena esposte, si va ad aggiungere un'altra considerazione importante che deriva dalla filiera dell'infrastruttura elettrica strutturata su produzione, trasmissione e distribuzione, utenti finali

La struttura del sistema elettrico diventa così la struttura della tesi, e mantiene tutte le considerazioni precedenti.

Il ragionamento incrocia dunque due tipi di scalarità principale, quella del livello dimensionale (territorio, città, architettura, casa) e quello della filiera (produzione, trasmissione-distribuzione, utenti); ad essi unisce anche il "sistema rete-nodo" (reti, elementi puntuali, nodi), cercando di inserire tutti i dati in una prospettiva storica.

Pertanto la tesi presenta la seguente struttura:

Parte I – PRESENTAZIONE DELLA RICERCA

Parte II - LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA:
LE RISORSE NATURALI E LE
TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

Parte III - LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA:
FOCUS SULL'ARCHITETTURA DELLE
CENTRALI ELETTRICHE

Le parti II e III quindi riguardano entrambe il ramo di filiera della produzione, ma una interessa la scala del territorio e l'altra quella dell'architettura; nella prima vengono trattati sia elementi "nodali" come le dighe, che elementi "puntuali" come impianti eolici o solari, mentre nella seconda solamente elementi "nodali", quali le centrali di produzione.

Parte IV - LA TRASMISSIONE E
DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

Questa parte riguarda solamente gli elementi a rete composti dalle linee di trasmissione e distribuzione, che agiscono alla scala del territorio ma anche della città. In questo capitolo è stato dato maggior risalto all'estensione delle reti sul territorio, piuttosto che sulla città.

Parte V - LA CITTÀ | Oggetto di
sperimentazioni

Parte VI - LA CASA | Da "punto di arrivo" a
"nodo di partenza"

Nella parte V e VI si arriva al ramo della filiera composto dagli utenti finali (la città e la casa). Non solo il sistema elettrico è analizzato a queste scale con i suoi elementi "a rete" o "puntuali" (ad esempio, nel caso della città i sistemi di illuminazione e in quello della casa gli "oggetti elettrici"), ma nella loro duplice natura di utenti e insieme produttori e quindi interpretati come veri e propri nodi.

Obiettivi

Obiettivi della tesi sono stati:

- aprire una possibile chiave di lettura sul tema del progetto dell'infrastruttura elettrica, normalmente poco indagato o comunque ritenuto materia al di fuori dell'ambito della progettazione architettonica e urbana;
- fornire gli strumenti teorici e critici per leggere il più ampio tema del rapporto tra architettura e tecnologia, attraverso l'analisi puntuale di molti progetti nei quali emerge lo specifico dell'infrastruttura elettrica, cioè la sua capacità di incidere nell'assetto morfologico e funzionale di un determinato contesto;
- fornire una prospettiva di sviluppo e nuovi elementi per la progettazione architettonica in relazione alla cultura tecnologica, attraverso la presentazione di progetti e modelli in un arco temporale di oltre un secolo. Tale tematica risulta vieppiù urgente in funzione del contemporaneo scenario che richiede ai progettisti una attenta conoscenza nei settori dell'innovazione, della

digitalizzazione, della sostenibilità e della conservazione ambientale.

Soggetti coinvolti, attività svolte e strumenti di indagine

All'interno del percorso di ricerca ho individuato quattro momenti e attività che sono stati centrali per la comprensione e lo sviluppo della tesi:

1. Erasmus presso la Universidad Politécnica de Cartagena, Spagna
2. Compilazione della tesi presso la Divisione Global Infrastructure and Networks di Enel SpA
3. Ricerca presso l'Archivio Storico Enel
4. Sopralluogo alla città di Larderello e ai territori della geotermia.

1. Erasmus presso la Universidad Politécnica de Cartagena, Spagna

Durante il periodo di studio all'estero, svolto tra gennaio e aprile 2015, ho svolto diverse attività che mi hanno permesso di reperire informazioni e documenti relativi sia agli aspetti storici delle infrastrutture di servizio, che agli aspetti tecnici, che alle nuove tipologie di infrastrutture (in particolare applicate alla *smart city*).

Lo studio è stato articolato in tre attività principali:

- indagini di approfondimento su argomenti puntuali svolti con singoli professori (quali "*Las infraestructuras contemporáneas de la ciudad – las Smart Cities*" con il Professor Juan Tomás García Bermejo e "*Evolución urbana de la ciudad de Cartagena*" con il Professor Emilio Estrella Sevilla)

- partecipazione a corsi universitari finalizzata all'apprendimento di nozioni tecniche sul funzionamento delle reti infrastrutturali, con particolare riguardo all'infrastruttura elettrica (quali "*Centrales Eléctricas y Energías Renovables*" – Prof. Juan Martínez Tudela, "*Instalaciones Eléctricas De Media Y Baja Tensión*" – Prof. Juan José Portero Rodríguez)
- partecipazione a conferenze e workshop.

2. Compilazione della tesi presso la Divisione Global Infrastructure and Networks di Enel SpA

Una volta scelto di occuparmi esclusivamente dell'infrastruttura elettrica, mi sono rivolta a Enel che con generosità ha supportato e seguito le

fasi di sviluppo della tesi attraverso le competenze e professionalità interne all'azienda, penso in particolare al correlatore di tesi l'Architetto Flippo Alberganti, garantendo inoltre l'accesso ai documenti necessari per la ricerca.

Con Enel, e più precisamente con la Divisione Global Infrastructure and Networks, è stato possibile stabilire un patrocinio gratuito che mi ha permesso di poter calare la tesi nella realtà pratica e operativa di un'azienda effettivamente operante nel settore e che da tempo si occupa di alcune tra le principali questioni che riguardano la tesi.

3. Ricerca presso l'Archivio Storico Enel

L'Archivio Storico Enel, che ha sede a Napoli, raccoglie tutto il materiale conservato in passato in otto diversi archivi territoriali⁴.

L'Archivio, dichiarato nel 1992 «di notevole interesse storico» dalla Soprintendenza Archivistica per il Lazio⁵, raccoglie la memoria dell'industria elettrica italiana dalla fine dell'Ottocento fino ad oggi, contenuta nel

materiale documentario di oltre 1.270 società elettriche confluite nell'allora Ente Nazionale per l'Energia Elettrica con la nazionalizzazione avvenuta nel 1962 (300.000 documenti), per uno sviluppo totale calcolato in 13.000 metri lineari di documenti.

L'attività di ricerca svolta presso l'Archivio Storico Enel nel maggio 2016, grazie alla guida e al supporto dell'Avvocato Paolo De Luce, Responsabile dell'Archivio, mi ha permesso di consultare e raccogliere fotografie, disegni tecnici, documenti amministrativi, manoscritti, libri e riviste specializzate che documentano il lavoro, i progetti, i paesaggi industriali e le infrastrutture dell'energia elettrica realizzate in Italia in più di un secolo di storia, dalle operazioni di illuminazione delle città e delle campagne, all'impiego dell'energia per i trasporti e in agricoltura. L'Archivio ha, inoltre, una piattaforma che consente la consultazione online delle schedature del materiale documentario, fotografico e dei filmati d'impresa, attraverso il sito: www.enelikon.it. Alcuni dei materiali raccolti

sono presentati all'interno dei capitoli che compongono la tesi, mentre altri trovano spazio in appendice.

4. Sopralluogo alla città di Larderello e ai territori della geotermia

Nel mese di agosto scorso ho avuto l'opportunità di svolgere un sopralluogo presso la città di Larderello (PI), grazie alla disponibilità dell'Ingegnere Massimiliano Santulli di Enel Green Power, con il quale ho visitato il Museo della Geotermia della città, il pozzo dimostrativo del sistema di produzione dell'energia geotermica, e la centrale geotermoelettrica di Valle Secolo. Ho poi proseguito la visita della città nuova progettata da Michelucci e dei soffioni boraciferi di Sasso Pisano.

In questa occasione ho potuto conoscere la storia di un territorio legata alla produzione industriale, una storia fatta anche di riconversioni e trasformazioni, e che costituisce un *unicum* nel suo genere. Ho potuto vedere da vicino come funziona un sistema di produzione di energia geotermica e, grazie in particolar modo alla visita

all'interno della centrale di Valle Secolo, confrontarmi con le dimensioni di un impianto e approfondire il rapporto che lega un'opera di ingegneria all'architettura.

Note:

¹ Hansen N. M., *The structure and determinants of local public investment expenditures* in «REVIEW OF ECONOMICS AND STATISTICS» n° 2/1965

² Aschauer D. A., *Is Public Expenditure Productive?* in «JOURNAL OF MONETARY ECONOMICS», n° 23/1989

³ Biehl D., *Il ruolo delle Infrastrutture nello sviluppo regionale* in Boscacci F., Gorla G. (a cura di), *Economie locali in ambiente competitivo*, Franco Angeli, Milano, 1991

⁴ Gli otto archivi corrispondenti agli ex-compartimenti Enel sono l'Archivio Storico di Torino "Giancarlo Vallauri", l'Archivio Storico di Milano "Giuseppe Colombo", l'Archivio Storico di Venezia "Nicolò Papadopoli Aldobrandini", l'Archivio Storico di Firenze "Piero Ginori Conti", l'Archivio Storico di Roma "Orso Mario Corbino", l'Archivio Storico di Napoli "Giuseppe Cenzato", l'Archivio Storico di Palermo "Emirico Vismara" e l'Archivio Storico di Cagliari "Angelo Omodeo".

⁵ La Soprintendenza ha anche dichiarato «il complesso documentario come fonte di valore unico e di incommensurabile interesse per la storia dell'energia elettrica e per la storia economica nazionale e internazionale dagli inizi del secolo scorso in poi».

All'interno di questo capitolo vengono affrontate le questioni riguardanti l'impatto dell'infrastruttura elettrica sul territorio. Si mostra come le opere deputate alla produzione di energia elettrica abbiano trasformato la morfologia del territorio e la sua percezione.

Si spiega come le necessità di modernizzazione del Paese, connesse allo sviluppo tecnologico, economico e sociale derivanti dalla nascita del sistema elettrico, abbiano cambiato irreversibilmente il volto dei nostri territori.

In altre parole, le ineludibili ragioni di necessità che hanno portato alla costruzione e progressiva espansione dell'infrastruttura elettrica, hanno anche modificato le dimensioni spaziali e inciso sulla organizzazione del territorio.

Questo viene anche mostrato nella sua duplice faccia: da un lato risorsa, o meglio "contenitore" delle fonti indispensabili per alimentare la complessa macchina del sistema elettrico, dall'altro come bene da tutelare e preservare sia per garantirne le sopravvivenza, sia per permettere che esso continui a fornire le risorse

necessarie allo sviluppo delle infrastrutture dei servizi primari.

L'apparente contrapposizione tra la condizione di sfruttamento e quella di conservazione non è qui analizzata secondo una visione oppositivo-conflittuale, ma ho tentato di investigare il tema in maniera simbiotica: interpreto il territorio come "paesaggio di risorse" (idriche, solari, eoliche, geotermiche).

Lo scenario prescelto per questo tipo di riflessioni è quello italiano, ma con riferimenti anche alle realtà estere, mentre l'ambito cronologico va dalla fine dell'Ottocento, quando il sistema elettrico nasce e inizia a svilupparsi, fino alle più recenti realizzazioni. Per illustrare i vari argomenti di interesse si seguirà una linea di analisi sia tematica che cronologica.

L'insieme di infrastrutture che compone il sistema elettrico cambia la sua conformazione a seconda della fonte energetica utilizzata per produrre l'elettricità. Per tale ragione incide sul disegno del territorio in maniera di volta in volta

differente e restituisce quindi un'immagine diversa agli occhi di chi osserva.

È sembrato quindi corretto leggere le trasformazioni dei territori diversificandoli secondo le varie fonti energetiche utilizzate, e analizzando gli elementi del sistema elettrico che maggiormente impattano alla scala del territorio. Il presente capitolo è strutturato sui seguenti paragrafi:

- "Energia dall'Acqua"

Si prenderanno in considerazione tutti quei luoghi ricchi di risorse idriche che sono state lo scenario per la costruzione delle grandi opere idrauliche. Molto più che le centrali idroelettriche, che pure verranno citate nel presente capitolo, le opere che maggiormente incidono sul territorio sono le dighe, i bacini artificiali, i serbatoi artificiali, le opere di deviazione dei corsi d'acqua e quelle di derivazione dei fiumi, le condotte forzate.

- "Energia dal Sole"

Tali territori sono disegnati dalla presenza di aree dedicate a parchi solari e fotovoltaici con le

loro ampi distese di pannelli.

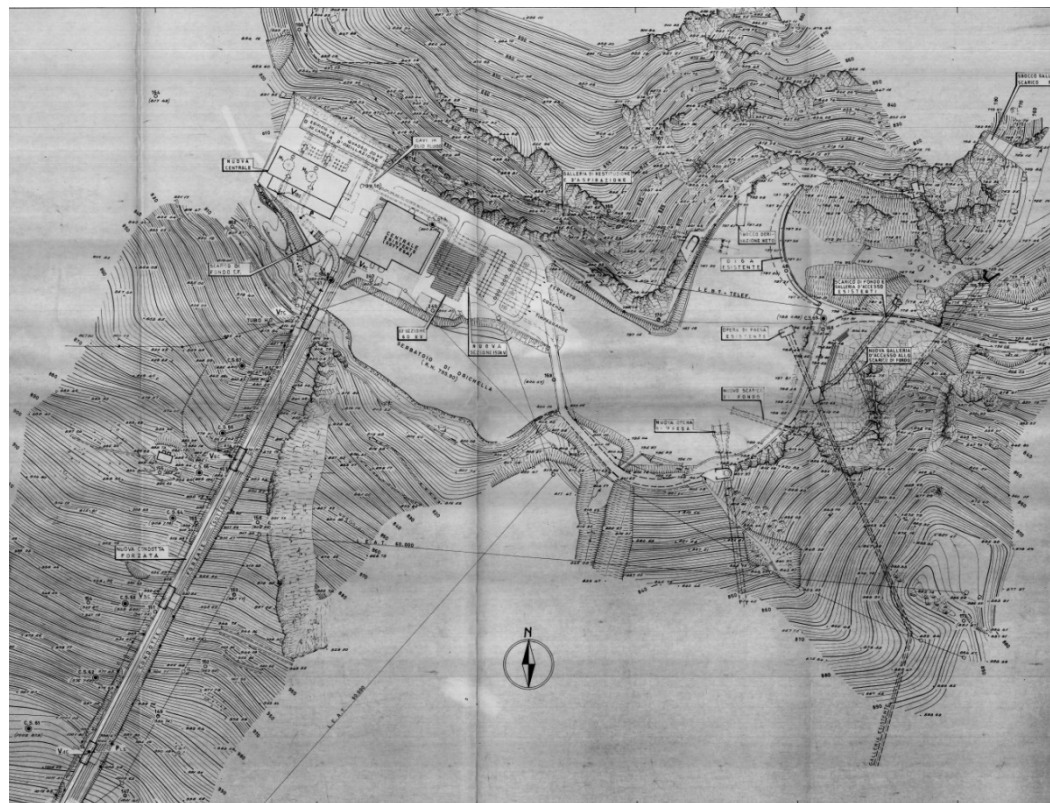
- “Energia dal Vento”

Verranno presi in considerazione le aree in cui si concentrano gli “elementi puntuali” rappresentati dalle pale eoliche. Sono linee che seguono i percorsi del vento e che sono visibili a grande scala.

- “Energia dal Sottosuolo”

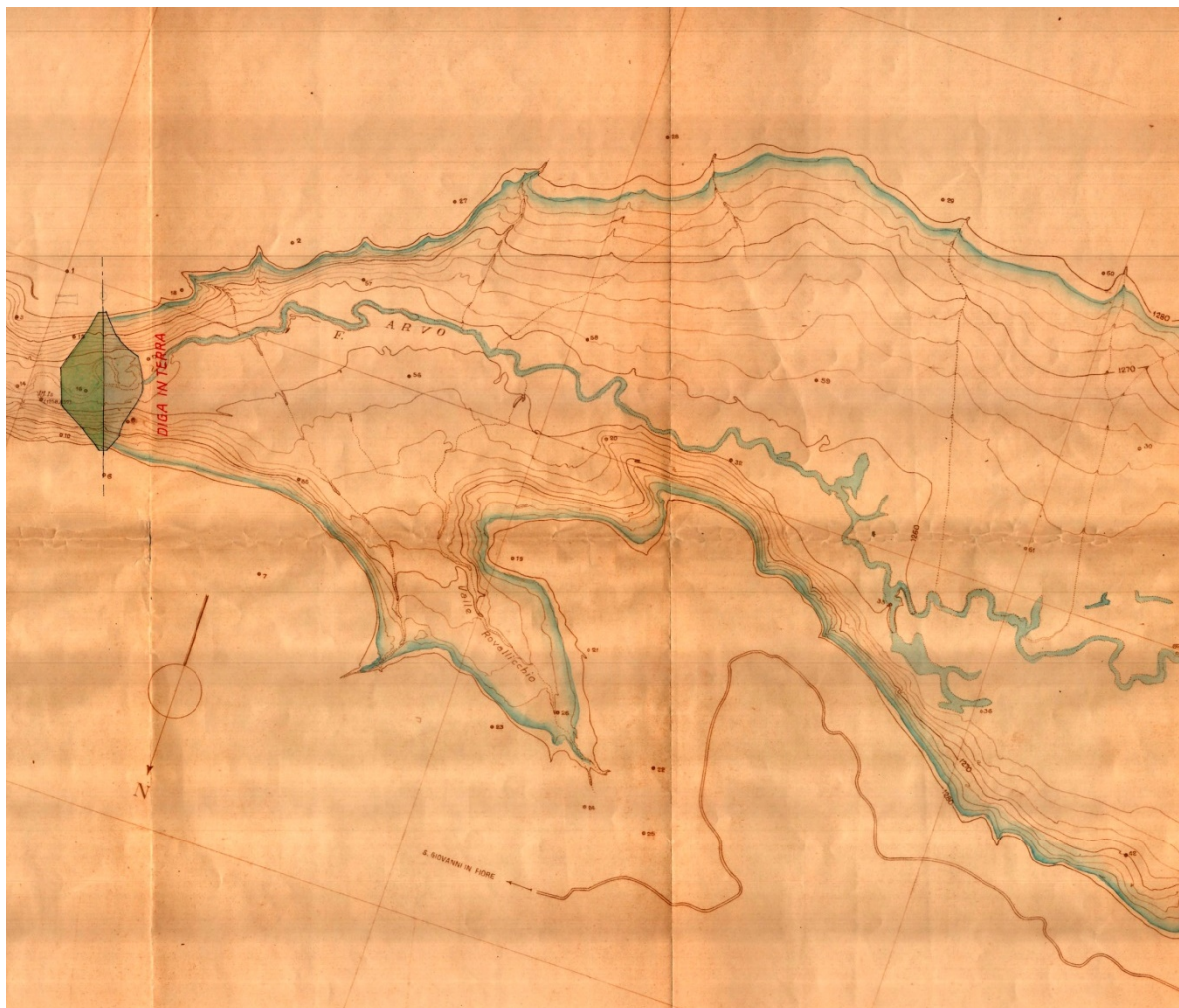
L’energia geotermica è una fonte che per essere coltivata ed estratta si appoggia ad un complesso sistema di centrali geotermiche, pozzi e vapordotti le cui presenze sono importanti segni sul paesaggio. Verrà in particolare analizzato il caso di Larderello, in Toscana.

Per meglio orientarsi nella lettura, risulterà forse utile fare riferimento ai quadri sinottici presentati in introduzione, all’interno dei quali si può seguire il ragionamento in senso cronologico o di analisi degli elementi che compongono il sistema elettrico in senso dimensionale, alle varie scale.



Centro progettazione e costruzione idraulica ed elettrica Enel – Napoli. Ampliamento della centrale di Orichella. Planimetria generale, 1972. Fonte: Archivio Storico Enel

2.1 Energia dall'Acqua



Ufficio Tecnico della Società per le forze idrauliche della Sila. Derivazione dal fiume Arvo (a Nocelle Soprana). Planimetria del serbatoio, 1927. Fonte: Archivio Storico Enel

La scelta di iniziare l'analisi partendo dalla lettura dei "territori dell'acqua" ha una ragione ben precisa: si tratta della più importante risorsa del nostro Paese, la cui presenza ha portato a soddisfare il fabbisogno energetico attraverso la produzione di energia elettrica tramite centrali idroelettriche.

A causa della scarsità di combustibili fossili, il nostro Paese ha sì subito ritardi nello sviluppo industriale, ma questo ha anche costituito una sfida alla ricerca dell'indipendenza energetica, che sarebbe stata consentita per l'appunto dalla scoperta del cosiddetto "carbone bianco", come verrà illustrato ampiamente all'interno del prossimo paragrafo.

Si analizzeranno quindi tutti gli elementi del sistema idroelettrico che intessono un maggiore rapporto alla scala del territorio; questi sono senz'altro le grandi opere idrauliche legate alla costruzione delle dighe e degli altri importanti interventi sui territori idrici.

Tali opere, dal punto di vista tecnologico, costruttivo, architettonico e per il loro dato

dimensionale, ricoprono un ruolo importante nel disegno e nella definizione del territorio, costituendo delle realizzazioni di alto valore ambientale, storico e culturale. I paesaggi idroelettrici così composti ci hanno restituito immagini simbolo delle imprese di trasformazione del territorio in virtù del progresso tecnologico e industriale del nostro Paese.

Per analizzare l'insieme di opere realizzate nel periodo storico preso a riferimento, si è pensato di scandire l'analisi in tre fasi distinte, le opere realizzate tra il 1880 e il 1930, quelle realizzate nel trentennio successivo quindi dal 1930 fino al 1960, ed infine dal 1960 ai giorni nostri, dividendo le opere anche in base alla tipologia realizzata in un determinato periodo. Inoltre si prenderanno in esame sia i territori del nord Italia che del meridione.

Una parte di analisi non può non essere dedicata alle leggi in tutela del paesaggio in generale e del paesaggio idroelettrico in particolare.

Verranno in ultima analisi affrontate le questioni inerenti la ricerca di fonti alternative

all'idroelettrico, che hanno fortemente animato il dibattito degli anni presi in esame. *



Diga della Fedaia, 1952-1956. Fase iniziale di costruzione

**Dove non diversamente specificato, le immagini del presente capitolo sono tratte dai volumi ENEL e ANIDEL de Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani*

Il carbone bianco e la scelta idroelettrica

Lo sfruttamento del territorio ai fini dello sviluppo della rete inizia alla fine dell'Ottocento ed è legata alla costruzione dei primi impianti idroelettrici; nel periodo che va tra la fine del XIX secolo e l'inizio della Prima guerra mondiale, un insieme di concause infatti, portano alla scelta di sfruttare le cadute idriche, il cosiddetto "carbone bianco", per produrre energia elettrica.

Una prima ragione risiede proprio nell'eccessivo costo del carbone fossile, materia prima di cui l'Italia non era sufficientemente provvista, e il cui approvvigionamento era soddisfatto mediante l'importazione dall'estero con conseguente aumento dei costi già gravanti sulla materia prima stessa. L'occasione di rendersi energeticamente indipendenti dai paesi esteri ebbe come conseguenza l'avvio di un complesso processo di progressiva sostituzione delle materie prime.

D'altronde il problema della disponibilità energetica emerge con forza e a più riprese nel corso del secolo come una delle vicende centrali

dello sviluppo economico del nostro Paese. Infatti la stessa scarsità del carbon fossile è una delle ragioni che sottende al mancato impiego della macchina a vapore durante la prima rivoluzione industriale e al primo pesante aggravio dei conti con l'estero, per cui la scelta idroelettrica poteva rappresentare una buona soluzione per attenuare la dipendenza dalle importazioni dai paesi stranieri.

Una seconda ragione risiede nella presenza sul nostro territorio di industrie di manifattura, che già da secoli sfruttavano l'acqua quale forza motrice e che già si erano localizzate in prossimità della sua presenza per installare tali attività produttive (basti solo pensare al settore tessile). Questo rese tutto sommato semplice passare dall'uso diretto dell'acqua a quello indiretto, ad esempio per muovere il sistema turbina-generatore.

In ultima analisi, l'osservazione del nostro stesso territorio ricco di risorse idriche portò alla conclusione che la generazione idraulica fosse il

modo più conveniente per produrre energia elettrica.

Tutto ciò concorre alla realizzazione dei primi investimenti necessari per lo sviluppo di tali impianti la cui energia prodotta non avrebbe trovato impiego solamente nell'illuminazione ed elettrificazione delle aree urbane, ma anche degli stessi stabilimenti industriali appena citati e che costituivano già una prima fetta di possibile mercato.

Dunque, a partire dall'ultimo decennio dell'Ottocento, considerato l'aumento del costo del carbone e la sempre più crescente richiesta di energia elettrica, si pensò alla costruzione di impianti idroelettrici.

I primi impianti, per le ragioni appena esposte, dovevano trovarsi in prossimità di corsi e cadute di acqua, e per questo motivo la loro realizzazione avvenne nelle regioni dell'arco alpino, caratterizzate non solo dalla presenza del "carbone bianco" ma anche da forti dislivelli necessari per la conversione in energia.

Questa, ricavata dai corsi dei fiumi, veniva appunto trasformata in energia elettrica da un alternatore accoppiato ad una turbina, per mezzo anche della creazione di dighe e condotte forzate.

Per ciò che riguarda la progettazione degli impianti idraulici vi sono due tipologie fondamentali: quelli a “bassa caduta” e quelli a “media e alta caduta”. I primi sfruttano piccoli salti ma interessati da grandi masse di acqua, mentre i secondi sfruttano i grandi salti captando le risorse idriche tramite l'imbrigliamento dei fiumi, la creazione di dighe, e la realizzazione di gallerie e ponti per superare i forti dislivelli delle valli, e la costruzione di condotte forzate e turbine atte a resistere alle forti pressioni sviluppate dalle grandi masse d'acqua. Inoltre gli impianti possono essere collegati tra loro “a cascata”, ovvero attraverso quel sistema che consente di aumentare la pressione dell'acqua e, quindi, poter sfruttare al meglio i bacini naturali o artificiali.

I primi territori ad essere interessati dalla costruzione di impianti del primo tipo sono quelli attraversati dai fiumi Ticino, Adda e Adige e solo in un secondo momento quelli del Po e del Tevere.

In una prima fase gli impianti hanno dimensioni contenute, costituiti da semplici opere di presa, piccoli canali di derivazione e condotte forzate, centrali di produzione di limitata grandezza, mentre proprio a cavallo tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento ed in seguito nel periodo tra le due guerre, si assiste alla costruzione di grandiose opere idrauliche.

Le ragioni sopra esposte contribuirono ad accrescere tutte le ottimistiche previsioni sul futuro sviluppo economico del nostro Paese che vedeva il proprio volano appunto nel nuovo modo di produrre energia elettrica, e contribuirono ad aprire la strada alla nuova tecnologia, amplificandone parimenti il «fascino culturale»¹.

La progressiva affermazione dell'idroelettricità, sebbene le ottimistiche premesse, fu un

processo lento la cui realizzazione completa avvenne solamente a ridosso della Prima guerra mondiale. Nonostante questo, agli inizi del '900, e cioè nell'arco circa venti anni dall'avvio di questa lenta trasformazione, la produzione di energia elettrica in Italia era prevalentemente di origine idrica (e solo in parte termoelettrica). Ciò inciderà moltissimo sul carattere del sistema elettrico italiano, dovuto proprio alla localizzazione e al tipo di fonte utilizzata, ma soprattutto sul volto dell'intero territorio.

23

A contribuire alla progressiva diffusione del sistema si aggiunse la Prima guerra mondiale: il costo sempre più elevato del carbone fossile, nonché la necessità di impiegare l'energia elettrica (anche per gli stessi fini bellici), diedero l'impulso all'implementazione del sistema idroelettrico.

Sempre agli inizi del Novecento si registra un rapido processo di urbanizzazione, a cui corrisponde un aumento della domanda di servizi elettrici urbani e quindi ulteriori investimenti per lo sfruttamento del “carbone bianco”.

Quali sono dunque gli esiti della scelta idroelettrica sul territorio?

In prima analisi assistiamo alla concentrazione degli impianti laddove la presenza dell'acqua è più abbondante e dove in particolar modo vi è la presenza, come abbiamo visto, dei cosiddetti salti: viene da sé che risultano in questo modo più favorite le zone del nord Italia, seguite dalle zone appenniniche del centro, mentre decisamente sfavorite le zone meridionali almeno in una prima fase. Tali territori si trovano quindi costellati dalla presenza di impianti tecnici, quali centrali, dighe, condotte forzate, ecc.

In seconda analisi, contrariamente a quanto avvenuto con i primi rudimentali utilizzi dell'acqua come forza motrice il cui inconveniente era quello di dover avvicinare le manifatture nelle vicinanze della sua presenza, la scoperta delle leggi dell'elettricità permette di allontanare le utenze finali dalla centrale in cui l'elettricità è prodotta. Ciò comporta dunque non solo la costruzione di impianti idroelettrici ma

anche l'estensione delle reti di connessione tra impianto e utenti finali.



Società Meridionale di Elettricità, comparto Matese. Uomini a lavoro per la realizzazione di una condotta forzata.
Fonte: Archivio Storico Enel

Le dighe: tecniche realizzative e tipologie

Sebbene elemento di grande impatto visivo nonché ambientale, la diga in realtà non mostra ciò che c'è alle sue spalle. Bisogna, in altre parole, decodificare il paesaggio retrostante per mezzo della lettura tipologica dell'opera. L'aspetto e i materiali da costruzione con cui si presenta ai nostri occhi dipendono dalle caratteristiche e dalla geologia dei corsi d'acqua che deve arginare. La diga è un racconto del territorio.

Vi sono le dighe murarie “a gravità massiccia”: queste dighe sono composte da una geometria semplice, il fianco esposto all'acqua è verticale mentre il fianco che digrada a valle presenta una pendenza, essa resiste alla spinta dell'acqua grazie al proprio stesso peso e ovviamente all'attrito con la roccia di fondazione.

La tipologia di diga a “gravità alleggerita” anche detta “a contrafforti”, rappresenta una variante delle dighe “a gravità massiccia”, e presentano una varietà di soluzioni per alleggerire la

struttura: possono dunque presentare speroni o contrafforti, oppure presentare cavità nel corpo o vani interni. In questo modo si sfrutta il peso dell'acqua per resistere allo scorrimento, piuttosto che quello del calcestruzzo.

Le dighe murarie “a volta” hanno una struttura particolarmente leggera grazie alle caratteristiche di resistenza degli archi. Esse possono essere a loro volta suddivise in dighe “a arco”, e lavorano come una serie di archi disposti in orizzontale sovrapposti, oppure “a cupola” quando la curvatura dell'arco è sia orizzontale che verticale. In questo caso la diga riceve la spinta dell'acqua e la scarica sulle sponde della vallata, o “spalle”, nello stesso modo in cui un arco o una cupola scaricano il proprio peso sulle fondazioni.

Vi sono poi le dighe “in materiali sciolti” o “in terra”. Esse sono appunto composte da terra, pietrame o altri materiali slegati, posti a formare una barriera contro il bacino idrico.

Ma una diga ci racconta anche molto altro. Per la costruzione di queste architetture infatti si deve prima intervenire sul sito di intervento, geometrizzandolo, semplificandolo. Se si osservano queste grandiose opere si vedranno “spalle” lisce e allineate, fianchi simmetrici, regolari, nonché le opere di cantiere costruite per la sua realizzazione quali strade di accesso, e appoggi in cemento per le gru.

La tecnologia costruttiva adottata ci racconta anche del periodo in cui è stata realizzata, per cui si trovano dighe in materiale sciolto che risalgono al primo periodo, dighe in muratura di pietrame in una fase intermedia, ed infine in tempi più recenti dighe in calcestruzzo.

Agli inizi di tali realizzazioni, considerata la enorme quantità di materiale necessario, questo veniva prelevato in loco con importanti lavori di estrazione che potevano prevedere anche l'impiego di dinamite o del piccone.

Le dighe, benché elemento artificiale, sembrano quasi fondersi con il paesaggio e con l'acqua stessa che contiene, devia, e fa defluire. La diga è «architettura e paesaggio»² insieme.



Diga di Pian Palù. Scavi preliminari ai lavori di realizzazione della diga, per il modellamento del terreno, 1950

Verso la fine del 1800 si iniziano a costruire i primi impianti idroelettrici. Di dimensioni modeste essi saranno destinati ad ingrandirsi proprio a partire dai primi anni del '900, e a diventare sempre più numerosi e diffusi dopo la fine della Prima guerra mondiale.

Agli inizi del Novecento le tipologie di dighe prevalenti sono “a gravità massiccia”, in una prima fase in “muratura di pietrame” e “muratura a secco”, ed in seguito anche in calcestruzzo. In questi stessi anni cominciano ad essere introdotti degli elementi di alleggerimento delle strutture come per esempio dei vani interni, che avrebbero poi portato alla realizzazione, in anni successivi, della tipologia di diga “a gravità alleggerita”. Comincia anche a diffondersi il tipo “a arco”, infatti nei primi venti anni del '900 troviamo esempi di dighe “a archi multipli” o “a lastroni”, tipologia che poi avrebbe lasciato il posto alle dighe “a volta” in calcestruzzo³.

La Diga di Paduli, 1906-1911

Tra il 1906 e il 1911 venne realizzata la prima diga “in terra” di Paduli, lungo il fiume Enza, in

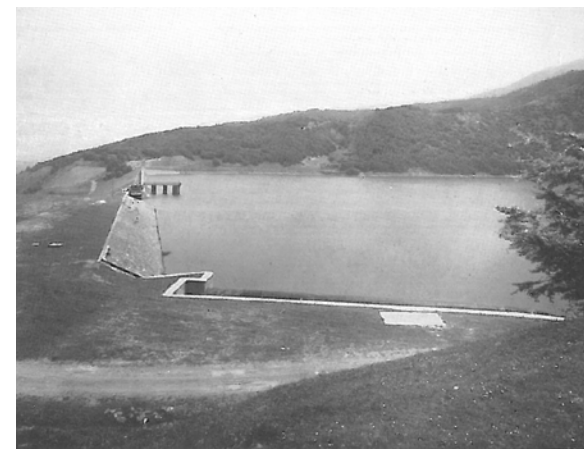
provincia di Massa Carrara, con lo scopo di creare un serbatoio artificiale per regolare la produzione settimanale di energia producibile nel sistema di impianti idroelettrici del Cedra-Enza. La diga costruita in materiale terroso e muri di sostegno alla base delle scarpate a monte e a valle, presenta un andamento rettilineo e si trova su un'ampia piana sullo spartiacque fra i bacini dell'Enza e del Magra.

Le dighe del Lago Verde (1915-1919) e del Lago di Ballano (1907-1909)

A quegli stessi anni e per gli stessi sistemi idrici appartengono importanti realizzazioni di dighe “a gravità massiccia”, come quelle del Lago Verde e del Lago di Ballano (sorta per rinforzare una struttura preesistente), entrambe realizzate per la regolazione stagionale del sistema di impianti del Cedra-Enza, ed entrambe in muratura di pietrame con malta di calce idraulica.

Il pietrame per la muratura utilizzato per la diga del Lago di Ballano era stato ricavato da arenaria locale, mentre la sabbia, usata per la costruzione

della primitiva diga con malta di calce idraulica, era stata prelevata dagli scavi



Diga di Paduli, 1906-1911
Vista della sponda sinistra



Diga di Paduli, 1906-1911
Vista da valle

della diga stessa, quella utilizzata per la costruzione della struttura di consolidamento, con malta di cemento, invece, era stata prelevata da una cava aperta nelle vicinanze.

Le installazioni di cantiere consistevano in un complesso di piccoli frantoi, lavatrici e betoniere, mentre la distribuzione del pietrame, delle malte e del calcestruzzo avveniva a mezzo di semplici attrezzature di manovalanza.

La diga del Lago Delio, 1909-1911

Sul Lago Delio, appartenente al bacino idrografico del Ticino, in provincia di Varese, tra il 1909 e il 1911, venne costruita una diga per la regolazione stagionale dell'energia producibile nella centrale di Maccagno.

Il pietrame per la muratura in questo caso era stato ottenuto da cave aperte in prossimità della diga, mentre la sabbia per le malte era stata ricavata da depositi sul fondo del lago.

Il trasporto del cemento e dei materiali occorrenti alla costruzione era effettuato mediante teleferica che aveva inizio dal piazzale della centrale ubicata in prossimità dell'abitato di

Maccagno, collegata da un breve tratto di strada alla statale Novara-Pino. La distribuzione del pietrame e dalla malta lungo i piani di lavoro, poi, avveniva attraverso semplici pontili, ricostruiti man mano alle diverse quote col crescere dell'opera, e con l'ausilio di comuni attrezzature di manovra ad uso manuale.

Altro importante esempio di diga a "gravità massiccia", ma con muratura di pietrame a secco è costituito dalla diga di Codelago, costruita per realizzare un serbatoio per un volume di regolazione di 16 milioni di metri cubi.

Le dighe delle Mesce (1912-1917) e di Valmorta (1917-1923)

A cavallo fra gli anni Dieci e Venti cominciarono ad affiancarsi alle dighe "a gravità massiccia" in pietrame (a secco e non) come quelle del Lago Agnel, del Lago del Basto, del Lago Nero, tutte realizzate tra il 1915 e il 1919, quelle in calcestruzzo, come la diga delle Mesce, 1912-1917 e la diga di Valmorta, 1917-1923.

La prima, realizzata per regolare l'energia prodotta nel sistema di impianti del Bionia-Rioja,

in particolare nella centrale di San Dalmazzo, per più di due terzi dello sviluppo del coronamento venne costruita in calcestruzzo di cemento.



Diga del Lago Verde, 1915-1919 – Vista da monte



Diga del Lago Delio, 1909-1911 – Vista da monte: in sponda sinistra lo sbocco del canale di allacciamento di un affluente del Giona; a sinistra lo scarico di superficie; al centro i comandi dello scarico di fondo e della presa.

Importante fu lo scavo necessario per asportare la coltre alluvionale che ricopriva la roccia nella zona di sbarramento, mentre lungo il torrente si rese necessario approfondire lo scavo di circa sei metri per una larghezza di tre.

La diga di Valmorta, costruita sul bacino idrografico dell'Adda, lungo il corso d'acqua del Serio, in provincia di Bergamo, sorse per la regolazione giornaliera e settimanale dell'energia producibile nella centrale di Dossi. Il corpo della diga è anche in questo caso in calcestruzzo di cemento con pietrame annegato. Ogni sperone presenta sul fondo un'apertura per permettere l'ispezione, la raccolta e il convoglio delle permeazioni al cunicolo di scarico, ispezionabile anche esso, che sottopassa in galleria il corpo della diga.

Ricapitolando, le costruzioni realizzate nei primi quindici anni del Novecento sono testimoni dei grandi progressi costruttivi delle opere idrauliche, accanto alle murature in pietrame a secco cominciano infatti ad affiancarsi i conglomerati cementizi e calcestruzzo, in modo tale da poter

costruire grandi volumi di muratura e contenere grandi masse di acque.

Le dighe di Riolunato (1918-1920) e di Ozola (1925-1929)

Nel periodo del primo dopoguerra si affermarono invece le realizzazioni “ad archi multipli” o “a lastroni”, come quella di Riolunato o ancora successive come quella di Ozola, per motivi legati al costo elevato dei materiali e dei bassi costi di manodopera.

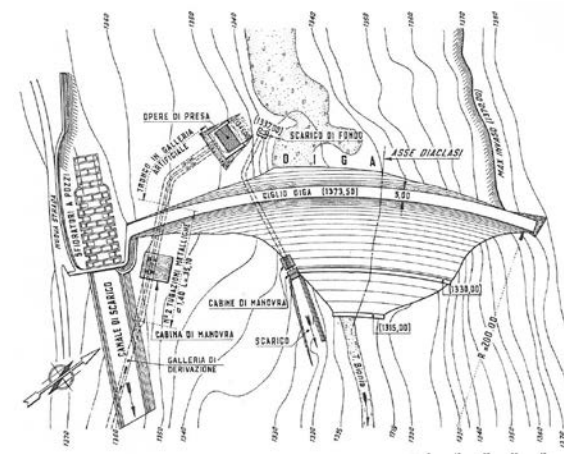
La diga di Riolunato fu la prima diga “ad archi multipli” in calcestruzzo armato ad essere realizzata.

L'opera venne costruita tra il 1918 e il 1920, sul corso d'acqua Scoltenna, in provincia di Modena. Si compone di otto archi, trascinabile su sei di questi, a sesto ribassato; le volte si incastrano in speroni in muratura d'arenaria, prelevata da cave locali. Gli inerti del calcestruzzo invece vennero ottenuti dalla frantumazione e macinazione di ciottoli arenacei prelevati dal greto del torrente. Infine, la diga di Ozola, realizzata tra il 1925 e il 1929, in provincia di Reggio Emilia, è del tipo a

speroni e lastroni in cemento armato, in seguito rinforzati da archi a tutto sesto.



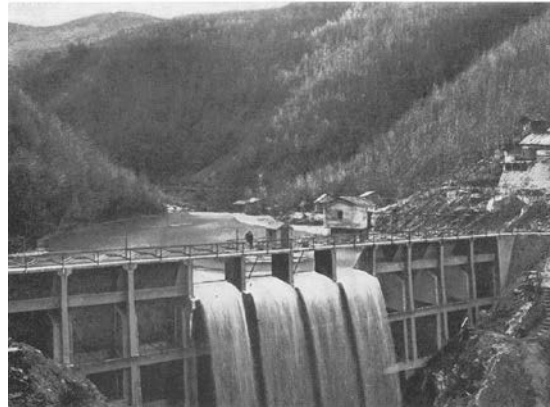
Diga delle Mesce, 1912-1917 - Vista da monte del serbatoio e della diga



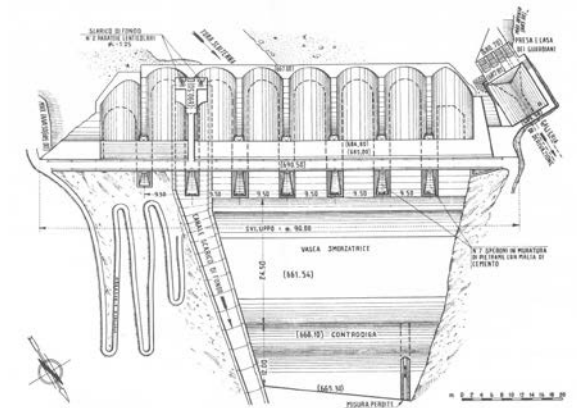
Diga delle Mesce, 1912-1917 - Planimetria

Diga di Ozola, 1925-1929

Diga di Valmorta, 1917-1923



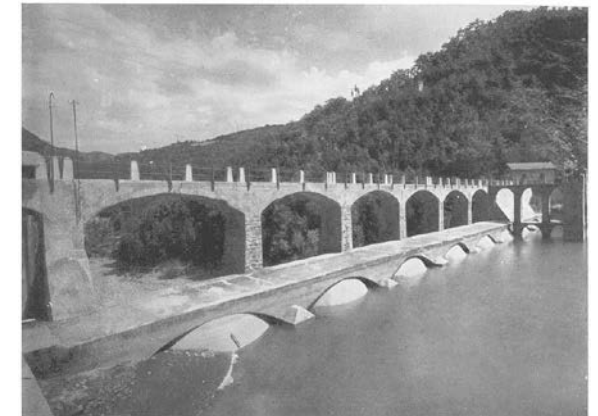
Diga di Riolunato, 1918-1920



Diga di Riolunato
Planimetria



Diga di Ozola
Vista da monte: in primo piano la cabina di manovra della presa e dello scarico di fondo.



Diga di Riolunato
Vista da monte delle sei luci di scarico

Nel periodo che segue la fine del primo conflitto mondiale si apre la stagione della trasmissione a lunga distanza, come si vedrà nel capitolo dedicato alla rete, e ciò comporterà anche negli anni a seguire la realizzazione di opere idrauliche di maggiori dimensioni, nella convinzione che impianti più grandi avrebbero potuto sostenere distanze maggiori.

Quanto alla quantità di opere realizzate, in realtà la crisi economica generale segnerà una battuta di arresto per la costruzione di nuove dighe, complice anche il non facile approvvigionamento dei materiali.

Aver presentato esempi di opere idrauliche realizzate prevalentemente a nord, non deve far pensare che il sud, sebbene rimanesse un'area geografica limitatamente elettrificata, fosse priva di interventi per lo sviluppo dell'idroelettricità.

A livello di opere idrauliche realizzate, la Campania deteneva sicuramente il primato, di seguito vi era la Sicilia, con gli impianti sul Cassibile e sull'Alcantara e in ultimo la

Sardegna, che presentava una produzione assai modesta.

Il programma di "elettrificazione meridionale" venne intrapreso dall'allora Società Meridionale di Elettricità (il gruppo SME), che dalla fine dell'Ottocento in poi si era occupato della costruzione e dello sviluppo delle centrali idroelettriche del meridione sfruttando inizialmente il corso del fiume Tusciano in Campania ed espandendosi poi, progressivamente, ad ampie parti del Mezzogiorno.

Per iniziativa della SME si realizzò un complesso sistema di opere, che avrebbero portato alla trasformazione di aree agricole e industriali della Puglia e della Calabria in particolar modo.

Gli impianti silani comportarono complesse operazioni per la realizzazione delle opere idrauliche, dando vita a grandiosi progetti che spiccano anche per le firme dei loro progettisti, quali l'ingegner Angelo Omodeo e l'architetto Giovanni Muzio. Vennero così realizzate dighe, condotte, centrali, teleferiche e quant'altro

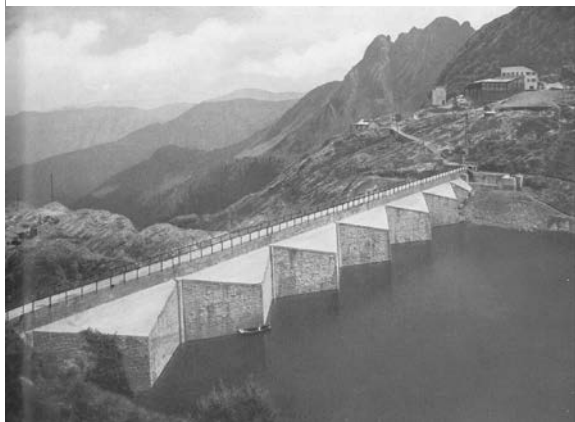
concorrevano al corretto funzionamento degli impianti, nel tentativo di lavorare nel massimo rispetto del paesaggio circostante.

Tali impianti riguardavano i laghi artificiali di Orichella e Arvo, e le corrispondenti centrali idroelettriche quali quelle di Orichella, Timpanagrande e Calusia, i cui lavori iniziarono negli anni Venti e terminarono circa dieci anni dopo.

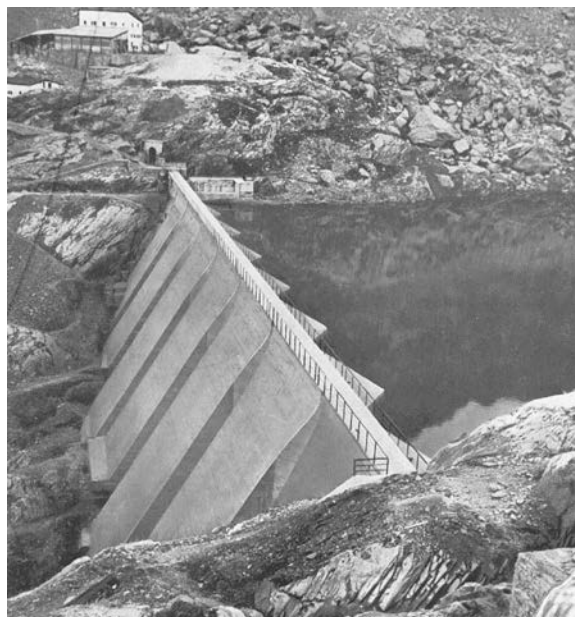
Costruttivamente e tipologicamente parlando, in questi anni non si riscontrano sostanziali novità rispetto agli impianti realizzati nei trenta-quaranta anni precedenti.

Si registra una parziale ripresa delle tecniche costruttive in muratura di pietrame, sia a causa della scarsità di cemento che di una generale diffidenza nei confronti di tale materiale a causa di alcuni crolli che avevano interessato questi tipi di dighe.

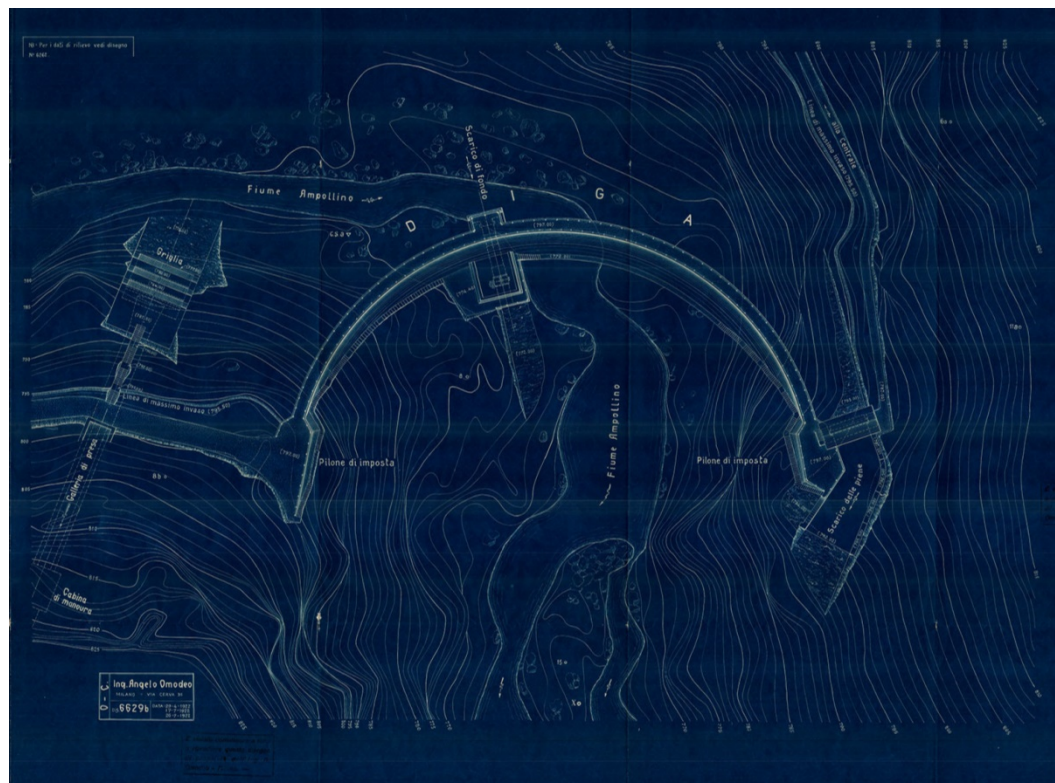
Diga del Lago dell'Inferno, 1941-1944



La diga vista da monte



La vista dalla sponda sinistra



Ing. Angelo Omodeo, Progetto di derivazione dal fiume Ampollino - Diga in muratura "a volta" – planimetria generale, 1922
Fonte: Archivio Storico Enel

La diga del Lago dell'Inferno, 1941-1944

La vera novità si riscontra con l'evoluzione della diga "a gravità massiccia" e con la diga "a gravità alleggerita".

Uno degli esempi di questa tipologia di diga è costituito dalla diga del Lago dell'Inferno, realizzata tra il 1941 e il 1944 in provincia di Sondrio. Presenta un tracciato planimetrico rettilineo e risulta costituita da sette elementi cavi indipendenti più un tronco massiccio sull'estremità destra, tutti in calcestruzzo.

Gli elementi cavi hanno tutti la stessa forma ma larghezze e quindi distanze tra i giunti differenti.

Il sistema drenante di ogni elemento venne realizzato a mezzo di due fori verticali praticati nella testata del corpo triangolare, ciascuno di 60 cm, che attraversano tutta la struttura fino ad arrivare alla roccia di fondazione. Dall'altra parte la struttura a speroni dei singoli elementi della diga, a mezzo dei vani interni ed esterni tra elemento e elemento, rende drenato tutto il complesso.

La diga di S. Giustina, 1946-1950

Un'altra tipologia che mostra l'evoluzione di questo tipo di opere sono le dighe "a volta", che racchiude le due varianti "a cupola" e "a arco".

La diga di S. Giustina è esempio di diga a volta a semplice curvatura in calcestruzzo, realizzata in provincia di Trento tra il 1946 e il 1950. La diga è incisa profondamente in una gola di formazioni di dolomia, alla base della quale a venti metri di profondità si trova il fondo del fiume, che all'inizio delle operazioni preliminari di lavorazione del terreno si trovava interessato dalla presenza di 10 metri di strato alluvionale.

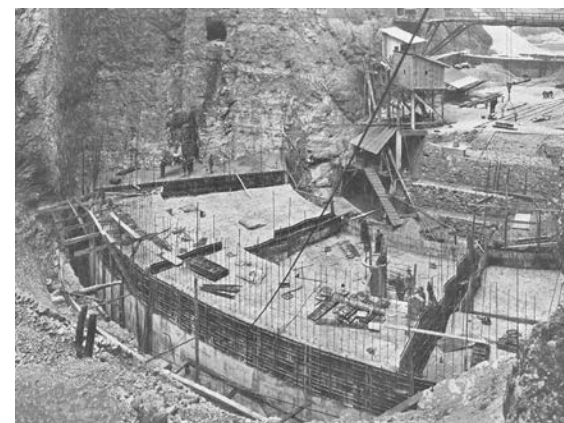
Negli anni della sua realizzazione questa diga era la più alta d'Europa, e una delle maggiori del suo tipo costruite al mondo. Tale tipologia costruttiva si rese necessaria per la forma stretta della gola, a pareti quasi verticali. Gli archi sono simmetrici con spessore crescente dalla chiave alle imposte.

Per la sua realizzazione il pietrame venne trasportato dalla cava mediante teleferica alla parte destra dell'impianto dove avveniva la

lavorazione del calcestruzzo, poi distribuito in diga per mezzo di due gru teleferiche.



Diga di S. Giustina, 1946-1950



Diga di S. Giustina - Esecuzione dei getti degli archi inferiori, in casseforme metalliche

La diga dell'Ambiesta, 1955-1957

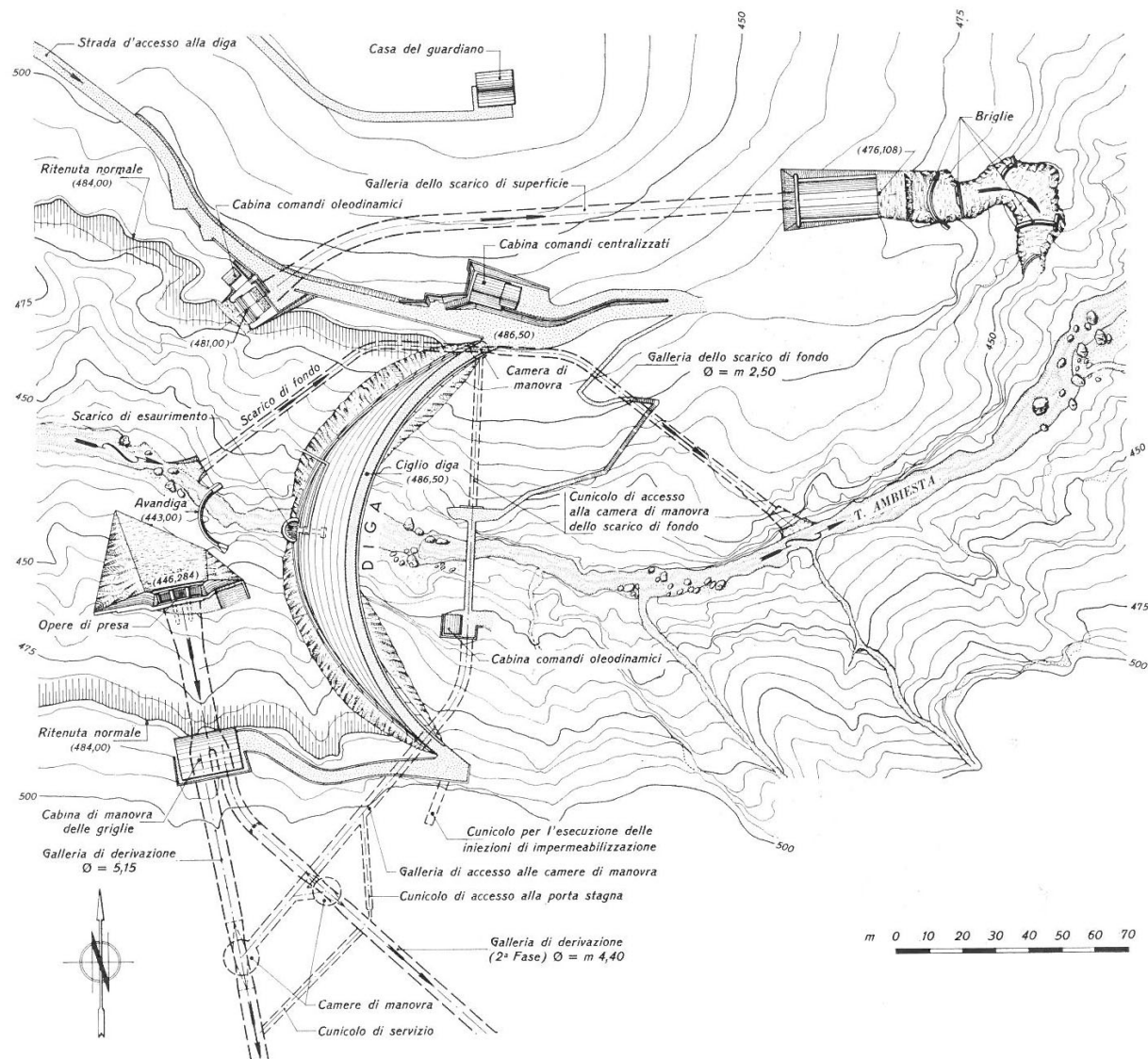
Del tipo “a arco”, in questo caso a doppia curvatura, vi è la diga dell'Ambiesta, realizzata in provincia di Udine, lungo il corso d'acqua Ambiesta, tra il 1955 e il 1957.

L'opera di deviazione del torrente fu effettuata nella galleria che successivamente assunse il compito di scarico di fondo della diga, mediante una avandiga costituita da un arco sottile.

Gli scavi di fondazione vennero eseguiti a cielo aperto a partire dall'alto e i materiali di risulta trasportati a discarica a valle della diga. Gli inerti per il calcestruzzo provenivano da una cava in materiale alluvionale aperta nel letto del Tagliamento, e il loro trasporto al cantiere della diga avveniva per mezzo di autocarri.

La diga di Vodo, 1958-1960

Del tipo “a cupola” sferica, su arcone superiore, è la diga di Vodo, sul corso d'acqua Boite, in provincia di Belluno, realizzata tra il 1958 e il 1960. La fisionomia geologica e topografica della sezione di sbarramento portarono alla realizzazione di questo particolare tipo di diga,



Diga dell'Ambiesta, 1955-1957 – Planimetria generale

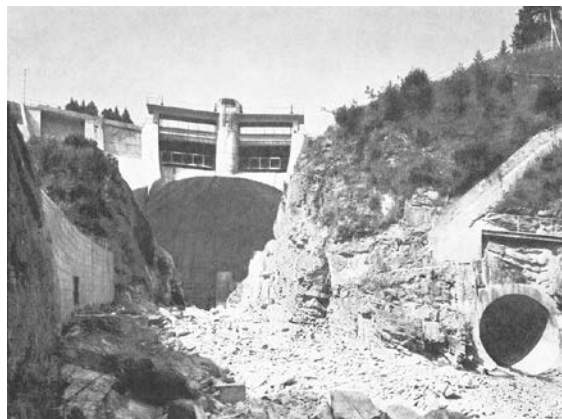
consistente in una piastra sferica che permette di scaricare sulla roccia la massima parte del carico idrostatico, mentre la restante parte è assorbita dall'arcone superiore di appoggio. Il cantiere si componeva, tra gli altri elementi, di una torre di betonaggio formata da un silo circolare, di tramogge di carico del nastro trasportatore, di distributori, di betoniere, di gru.

Per concludere, si registrano in quel periodo nuove importanti applicazioni del tipo "a materiali sciolti" derivanti dall'evoluzione delle tecnologie costruttive e della geotecnica, un esempio delle quali è costituito dalla diga di Maria al Lago, costruita tra il 1952 e il 1956.



Diga dell'Ambiesta, 1955-1957

Diga di Vodo, 1958-1960

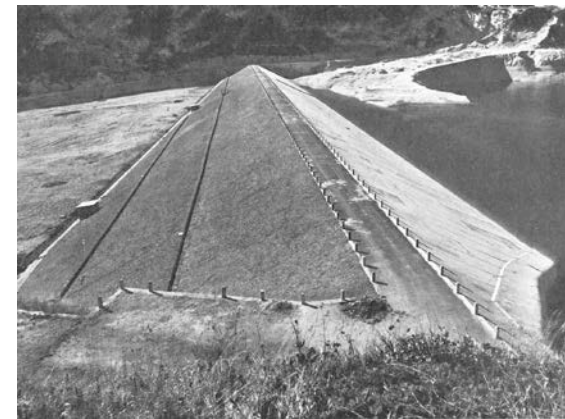


La diga vista da valle



La diga vista da monte con il serbatoio vuoto: si nota la cupola sferica poggiata all'arcone superiore

Diga di Maria al Lago, 1952-1956



La diga vista da monte

Gli anni Sessanta coincidono con una importante tappa per il sistema elettrico, ovvero la nascita di un unico ente per la produzione e distribuzione di energia elettrica, l'Enel, nel 1962. Tra le questioni di cui il nuovo ente si dovette occupare, oltre all'elettrificazione del Mezzogiorno, all'espansione della rete con l'implemento delle linee a lunga distanza, vi era la tematica della sicurezza degli impianti idroelettrici in relazione alla gestione del territorio.

Proprio all'indomani della nazionalizzazione, e precisamente il 9 ottobre 1963, si verificò l'enorme disastro del Vajont, il più recente dei disastri ambientali, che segue quello della rottura della diga di Gleno nel 1923 e dello straripamento dell'Adige nel 1953, problemi connessi alle forti alluvioni, ma anche collegati ad una debolezza delle grandi opere idrauliche del settore elettrico (secondo alcuni addirittura dovuto ad una cattiva gestione degli invasi). Alla tragedia del Vajont, seguirono le prime proteste contro la costruzione delle grandi opere quali

dighe, laghi artificiali, serbatoi, condotte, le stesse centrali e le linee aeree ad alta tensione, e contro le ciminiere degli impianti termoelettrici. Tali proteste assunsero dapprima il volto di isolate contestazioni, mentre in seguito sarebbero diventate sempre più numerose e strutturate, fino ad arrivare agli anni Settanta quando in Italia si era ormai sviluppata una forte coscienza ambientale.

In quegli anni, perciò, venne messo in atto un programma di revisione di tutti gli impianti idroelettrici e vennero anche introdotte e diffuse nuove tecniche per la progettazione e il controllo di tali opere.

Ad ogni modo, accanto all'impegno profuso nel settore della sicurezza, le esigenze di realizzazione di una unica, grande dorsale lungo tutta la penisola a 380 kV (altissima tensione), portarono alla inevitabile costruzione di nuove centrali ed impianti, nuove stazioni di trasformazione e nuove reti di distribuzione, opere che, ancora una volta, incisero sul territorio e paesaggio.

Diga di Gallo, 1963, 1966



Vista del serbatoio parzialmente invaso

Agli inizi degli anni Sessanta, inoltre, le risorse idriche del paese cominciavano a essere assai limitate.

Per supplire alla richiesta di energia e sulla scorta degli anni della diversificazione, di cui si parlerà più avanti, si pensò di implementare la costruzione degli impianti termoelettrici, che però non era di certo meno soggetta a vincoli di quanto non lo fossero gli impianti idroelettrici. Infatti gli impianti termoelettrici richiedevano grandi quantità di acqua per il raffreddamento e anche un sistema di trasporto per far arrivare il combustibile. Se questo ultimo vincolo poteva essere risolto considerando le innovazioni nel processo di trasporto, per mezzo dell'implementazione delle comunicazioni su gomma, non ci si poteva sottrarre dal vincolo della localizzazione per ciò che riguardava l'approvvigionamento dell'acqua. Si comprende perché la scelta ricadde sulle zone costiere o comunque in prossimità di grandi laghi o fiumi.

La diga di Gallo, 1963-1966

Le dighe realizzate in questo periodo sono prevalentemente situate lungo gli appennini, nella parte centro-meridionale o nelle isole e per la maggior parte del tipo "a gravità massiccia", come la diga di Gallo, in provincia di Caserta, realizzata tra il 1963 e il 1966, per la regolazione stagionale dell'energia prodotta nella centrale di Capriati, e utilizzata anche come serbatoio di accumulazione per un ciclo giornaliero, o la diga di Pattada in Sardegna del 1980.

La diga di Polverina, 1963-1967

In questo periodo si trovano anche le dighe a "arco gravità", e si diffondono gli sbarramenti in "materiali sciolti", sia in terra (sia in *rockfill* o misti), come la diga di Polverina realizzata tra il 1963 e il 1967 in provincia di Macerata, questa si presenta con una sezione trapezia, composta da un nucleo interno impermeabile e da due rinfianchi in materiale alluvionali prelevati dal fondo valle.

La diga di Guadalami, 1958-1960

Dello stesso tipo è la diga di Guadalami in Sicilia, nell'alto Belice. Il serbatoio di Guadalami si trova lungo il corso del fiume Belice, a valle dei rilievi calcarei del Kumeta e del Maganoce, interessata

Diga di Polverina, 1963-1967 – vista da monte



Diga di Polverina, 1963-1967

da formazioni argillose. La natura e le caratteristiche dei terreni di fondazione e di imposta della diga influenzarono i criteri di progettazione e i procedimenti realizzativi dell'opera: considerata la bassa profondità dello strato argilloso di base, il nucleo della diga fu direttamente impiantato in esso, mentre i fianchi dell'opera su terreni diversi di caratteristiche mediocri, portando a realizzare una costruzione dal profilo di sezione molto larga alla base.

La diga di Corbara, 1959-1963

Vi sono poi impianti in parte "a gravità", in parte "in terra", come la diga di Corbara, realizzata tra il 1959 e il 1963, che sorge sul bacino idrografico del Tevere in provincia di Terni. Vi si trovano due tipi di struttura una "a gravità" in calcestruzzo, in parte alleggerita, inserita a fondovalle nel calcare marnoso, l'altra in terra. La durata di vita media di una diga si attesta intorno ai quaranta anni, per questo motivo molti degli interventi presentati hanno subito nel corso del tempo lavori di mantenimento o ristrutturazione o di implemento

della struttura originaria tramite la costruzione di altri elementi.

Concludendo, attraverso questa parziale panoramica delle principali opere idrauliche realizzate tra l'inizio del Novecento e i giorni nostri, si è mostrato in che modo i grandi nodi della rete elettrica abbiano interagito con il territorio e lo abbiano modificato. Ragioni legate alla conformazione e composizione del luogo, nonché alla natura del corso d'acqua individuato, e all'evolversi delle capacità e tecnologie costruttive, hanno portato a tipologie differenti caso per caso dando vita, come conseguenza ma anche come volontà, a elementi dotati di forza estetica e notevole valore ambientale. L'importanza di tali presenze sul territorio non è solo testimoniata dalla possibilità, tramite esse, di disporre di elettricità, ma anche perché le dighe, se correttamente progettate, sono elementi di controllo del territorio, concorrono alla regolazione fluviale, sono strumento per la

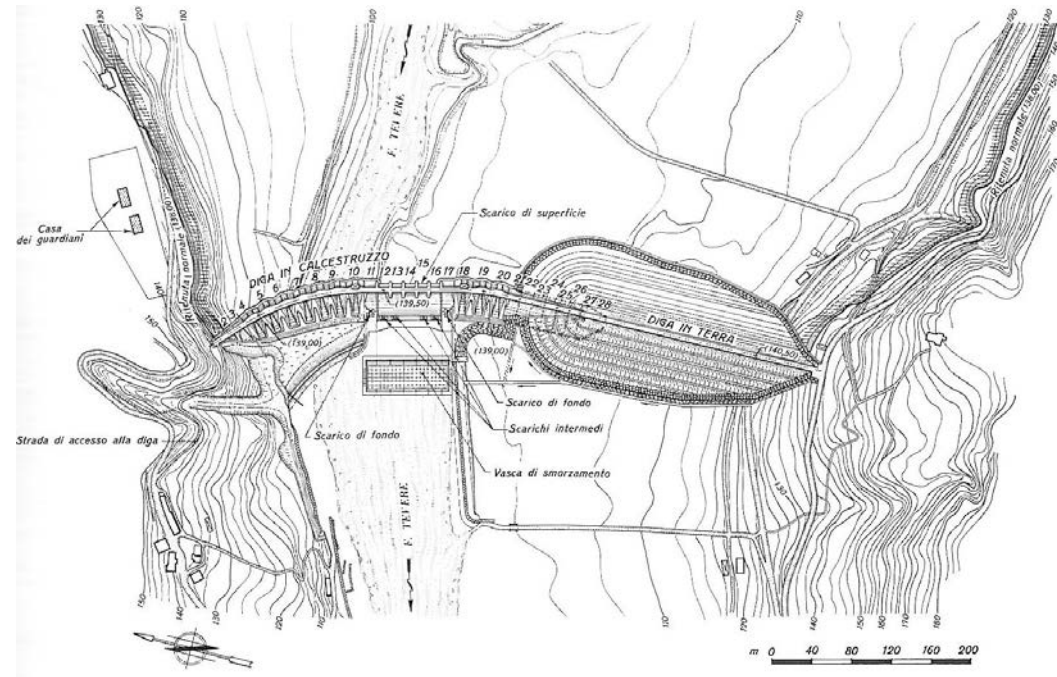
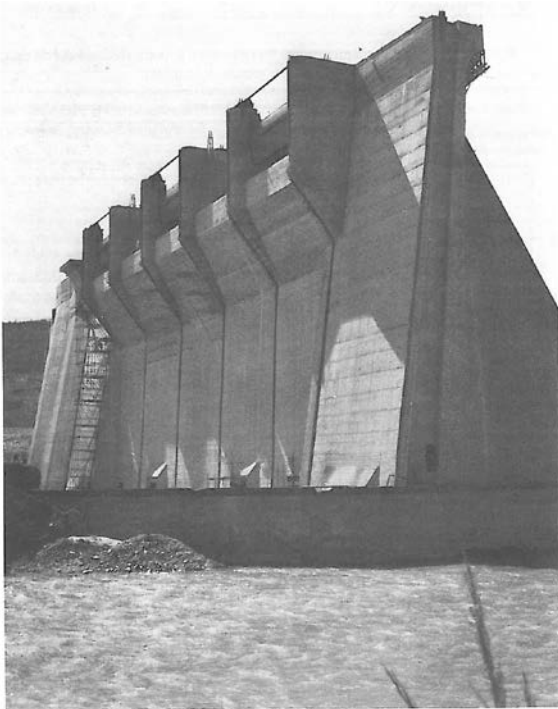
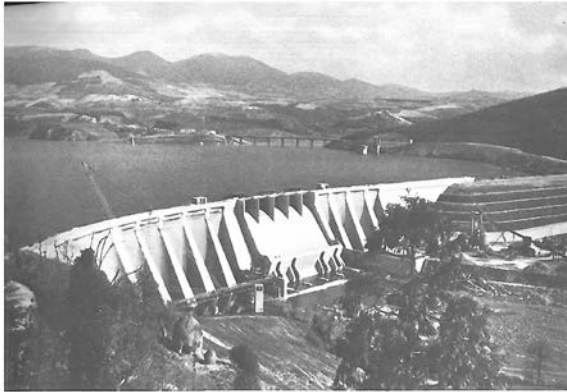
salvaguardia dei territori più che un'ingombrante presenza o una minaccia.

Diga di Guadalami, 1958-1960



Diga di Guadalami - Veduta da monte della diga con il serbatoio parzialmente invasato; al centro del serbatoio si nota il manufatto in calcestruzzo dello scarico di superficie

Diga di Corbara, 1959-1963



Planimetria

Vista dei cinque conci centrali a gravità massiccia trascinabili e due conci laterali di raccordo. Nei conci centrali sono ricavate le opere di scarico. Al piede l'alveo del Tevere nel quale scorrono le acque durante una prima fase di esecuzione. In una fase successiva le acque saranno poi deviate attraverso gli scarichi di fondo.

La difesa del paesaggio idroelettrico

I grandi monumenti idroelettrici costituiscono i testimoni delle grandi trasformazioni rese necessarie nel processo di modernizzazione del nostro Paese, processo che ha implicato modifiche forti, viste da alcuni come delle vere e proprie ferite sul territorio.

La tematica dello sfruttamento idroelettrico dei nostri territori è sempre stata al centro del dibattito politico e sociale italiano, posto che il paesaggio è bene collettivo e di interesse e utilità pubblici.

A partire dagli inizi del '900 assistiamo quindi a iniziative e movimenti di protesta contro la distruzione del paesaggio italiano, cui corrispondono a volte anche risposte forti da parte della politica che, in più di un caso, ha emanato leggi mirate alla tutela dei beni paesaggistici.

Le prime rimostranze avvennero già alla fine dell'Ottocento precisamente nel 1898 quando, durante una assemblea parlamentare, si sollevò una protesta contro le opere riguardanti

l'impianto idroelettrico di Tivoli (in attività già dal 1886) di quanti erano preoccupati che lo sfruttamento idrico avrebbe messo in pericolo la bellezza delle cascate della città laziale. A tali proteste si affiancavano quelle contro gli interventi nei pressi del lago Antillone, in Piemonte, che riguardavano la deviazione del fiume Toce, oppure le proteste dei cittadini di Vicovaro contro i lavori di sbarramento della gola di San Cosimato, nel 1911, per citarne alcuni.

Ma se le esigenze di fornire elettricità non tennero conto di tali ed altre rimostranze, si giunse comunque alla promulgazione della prima legge in merito alla tutela del paesaggio, la legge 185 del 12 giugno 1902, la quale equiparava il paesaggio ad un monumento storico.

I "territori dell'acqua" non furono i soli ad essere interessati da grandi trasformazioni per fini energetici.

Nel primo ventennio del Novecento ad esempio si lamentava il taglio di vaste aree boschive la cui legna forniva il combustibile necessario per

sopperire al sovrappiù di energia richiesto e che i soli impianti idroelettrici non riuscivano, per l'appunto, a coprire. Se è vero che già prima dello scoppio della Prima guerra mondiale l'Italia, grazie allo sfruttamento delle cadute idriche, riusciva a soddisfare la quasi totalità del fabbisogno energetico, lasciando alla generazione termica la sola funzione di riserva e di integrazione del sovrappiù richiesto, nondimeno era però necessario procurarsi il combustibile per mantenere in parallelo anche il sistema di generazione termoelettrica.

A tale legge ne seguirà un'altra a distanza di venti anni, la legge 778 dell'11 giugno 1922, a firma dell'allora ministro della Pubblica Istruzione Benedetto Croce, sempre con la finalità di tutelare le bellezze naturali e paesaggistiche. Tale legge si configura come strumento di convivenza tra esigenze della moderna società nascente e gli interessi di salvaguardia del paesaggio in termini naturalistici ed estetici.

Conseguenze di tale legge furono progetti mirati alla ricostituzione di porzioni di habitat naturale quali opere di rimboschimento, la piantumazione di filari di alberi lungo i canali, fino a opere di mascheramento di alcuni degli elementi del sistema elettrico come le tubature delle condotte forzate.

Al di là degli aspetti normativi, il cui approfondimento non rientra in questo tipo di analisi, tali leggi vengono presentate a dimostrazione di una già spiccata sensibilità per le questioni ambientali, in relazione ai progetti e alle attività di trasformazione del territorio che si stavano conducendo dagli anni a cavallo tra il 1800 e il 1900.

Durante gli anni Trenta, epoca di grandi trasformazioni non venne abbandonata la questione relativa alla tutela del paesaggio, emblematiche in tal senso sono due leggi promulgate nel 1939: la numero 1089 del 1 giugno e, a poca distanza, la 1497 del 29 giugno. La prima aveva come oggetto la "Tutela delle cose di interesse artistico e storico", tra cui

rientravano anche le risorse naturali; la seconda la "Protezione delle bellezze naturali". È in questo contesto normativo che, per la prima volta nella storia italiana, emerge la necessità di munirsi dei cosiddetti piani territoriali paesistici.

A conclusione di questo breve excursus normativo, si citerà la legge Galasso che, ancora una volta, riporta ai vertici la discussione sulle questioni ambientali e sulla tutela del paesaggio. Tale legge, la numero 431 dell'8 agosto 1985, andava a modificare la vecchia normativa 1497 del 1939, e aveva come oggetto le "Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale".

La grande novità introdotta da quest'ultima legge, rispetto alla preesistente del 1939, è che essa andava a riconoscere non più singole aree da tutelare, ma un elenco di singoli luoghi quali quelli costieri, i corsi dei fiumi, le montagne, i ghiacciai e ancora i parchi e le riserve nazionali e regionali, le foreste, i vulcani ecc.

Dall'entrata in vigore della legge Galasso le pianificazioni urbanistiche e territoriali non

possono più non considerare la questione della tutela paesaggistica.

Le alternative all'idroelettrico: vecchie fonti per nuovi paesaggi

Dopo una iniziale fase, precedente al 1880, in cui veniva utilizzato il “carbone nero” come fonte combustibile, il nostro Paese comincia a sfruttare il “carbone bianco” che rimarrà la fonte principale per diversi anni.

Gli anni Quaranta del XX secolo rappresentano invece gli anni della cosiddetta “diversificazione”: se fino a quel momento la fornitura di energia elettrica era stata assicurata dalla produzione idroelettrica, a partire da questo periodo furono promossi una serie di investimenti per lo sfruttamento termoelettrico, che produce energia utilizzando come fonte primaria combustibili fossili quali carbone, gas e petrolio, complice anche il progressivo esaurimento delle risorse idriche che si stava verificando in quegli anni.

La costruzione di questi ulteriori imponenti impianti (soprattutto nel decennio 1948-1958) incise ancora di più sul paesaggio e sul territorio, contribuendo alla creazione di uno scenario industriale e artificiale, nonché alla costruzione di impianti per l'approvvigionamento dei

combustibili: in questa particolare situazione il territorio che meglio si prestava ad essere sfruttato era quello meridionale e delle isole, in particolare si pensò di sfruttare il carbone del Sulcis in Sardegna, di ligniti nazionali, e del gas naturale della Pianura Padana.

Unitamente alla decisione di implementare gli impianti termoelettrici, gli anni Sessanta vedono avanzare anche l'ipotesi della costruzione di centrali nucleari.

Due premesse sono necessarie per comprendere il perché della decisione di realizzare alcuni impianti nucleari in Italia: la prima attiene al fatto che dopo la fine della Seconda guerra mondiale si era progressivamente sostituito il carbone fossile con il petrolio, e questo comportava una dipendenza dalle tecnologie estere e una sensibile esposizione alle dinamiche politiche internazionali; la seconda era la volontà di sganciarsi dalla dipendenza dal petrolio e dagli altri combustibili fossili.

Gli anni Cinquanta sono quindi gli anni della sperimentazione delle varie tecnologie per produrre elettricità con impianti nucleari. Sarà poi la prima Conferenza di Ginevra, svoltasi nel 1954, a dare l'impulso alla costruzione di centrali nucleari, pur senza che fosse stata davvero illustrata l'effettiva convenienza in termini di tecnologia, economicità e impatto ambientale.

Complice poi la crisi petrolifera della prima metà degli anni Settanta, anche Enel avvia nel 1968 il programma per la realizzazione di nuovi impianti nucleari, dei quali verrà realizzato solamente l'impianto di Caorso (Piacenza).

Nel corso degli anni, poi, si assisterà alla mancata attuazione di tale programma con il conseguente ricorso ai combustibili fossili tradizionali; sarà la crisi petrolifera del 1973, insieme alla compresenza di altri fattori a spingere il nostro Paese a ragionare su fonti di energia alternative.

«Persino il problema di una più oculata utilizzazione dell'energia contenuta nei rifiuti

vede oggi manifestarsi segni concreti, che fanno pensare a soluzioni meno deteriori dal punto di vista energetico e ambientale di quanto non si verifichi oggi. Si va così dall'obiettivo di un recupero articolato (produzione di energia sia elettrica che per riscaldamento di quartieri) del calore generato dalla pura e semplice combustione dei rifiuti [...] a proposte ed iniziative per un utilizzo più nobile dell'energia contenuta nei rifiuti organici biodegradabili, mediante la loro trasformazione ("compostaggio") in sostanze inorganiche ("compost")»⁴.

Tra le altre cause della mancata adozione del nucleare in Italia vi sono senz'altro i movimenti antinucleari nati a seguito dell'affermazione di una forte coscienza ambientale e che era andata rafforzandosi nel corso degli anni, unitamente a motivazioni di ordine economico.

Il dibattito si protrae fino agli anni Ottanta quando si sancisce il definitivo rifiuto da parte dell'Italia del piano nucleare con il referendum del 1987, complice in questo anche il disastro di

Chernobyl che influenzò sicuramente le coscienze.

Il dibattito sulle fonti alternative porterà, a partire dagli anni '80, aziende, istituti di ricerca ed Enel stessa ad indagare nuovi modelli per il risparmio delle risorse e per un minore impatto ambientale⁵, quali ad esempio la generazione eolica, solare, fotovoltaica e geotermica.

Se è vero che le applicazioni e i progetti collegati all'utilizzo delle energie rinnovabili è storia recente, la ricerca su queste energie in realtà parte da molto prima.

Sebbene più rivolti alla ricerca di fonti da affiancare al carbone bianco per la paura del progressivo esaurirsi di questa risorsa, piuttosto che in un'ottica di sostenibilità energetica nel senso moderno del termine, si cominciano a diffondere, sia a livello nazionale che internazionale, i primi studi e applicazioni su fonti di energia rinnovabili, già a partire dagli anni Venti, in particolare all'interno del Politecnico di Milano grazie al Professor Mario Dornig.

Tali studi riguardavano ad esempio la geotermia, per "via secca" e per "via umida" (quest'ultima si stava sperimentando per la prima volta in Italia dal 1919 a Larderello), la valorizzazione dell'energia solare di tipo diretto e indiretto, cioè ottenibile dalle biomasse che sfruttano il sole per il loro fabbisogno energetico, e anche lo sfruttamento delle maree.

In altre parole, esse sono sempre esistite, è anzi tra il Settecento e l'Ottocento che ad esse iniziano ad essere progressivamente affiancate altre fonti di energia, per poi essere di nuovo considerate appunto nei primi decenni del Novecento.

Infine, negli ultimi decenni assistiamo ad un ritorno alle fonti rinnovabili, complice non solo un'ormai sviluppata coscienza ambientale che spinge a preoccuparsi dell'esaurimento delle risorse disponibili, ma anche grazie all'avanzamento tecnologico e al sostegno politico verso questo tipo di ricerche.

L'Italia sotto questo punto di vista è un paese ricco di tali fonti di energia: oltre alle risorse

idriche, vi è una grande quantità di sole, di risorse geotermiche e, anche se in misura inferiore, di vento.

Nei capitoli che seguono, dedicati appunto ai “territori del sole”, “territori del vento” e “territori della terra”, ripercorreremo alcuni tra i progetti più importanti realizzati nel corso degli ultimi anni, esempi di una linea di ricerca sulle rinnovabili i cui impianti, centrali e parchi interessano ancora oggi i nostri territori.

Come avremo modo di vedere anche attraverso gli esempi proposti nei capitoli che seguono, si metterà in luce come la questione energetica ponga l'esigenza di ragionare su un paesaggio inteso come un intreccio di relazioni tra sistemi insediativi, tecnologie, servizi, mobilità e produttori/utenti dei flussi energetici, si mostreranno alcune riflessioni ed esperienze progettuali contemporanee che offrono esempi di paesaggi “tecnologico-energetici”, e in cui le innovazioni tecnologiche convivono con la natura in un equilibrio a volte concretizzato, altre volte auspicato, tra natura e tecnica.

L'introduzione del concetto di sostenibilità energetica ha portato negli ultimi decenni da una parte alla realizzazione di opere e progetti che vanno nella direzione di riduzione del consumo delle risorse e di emissioni inquinanti (parchi solari, fotovoltaici, eolici, ecc.), ma contemporaneamente, dall'altra parte, ha innescato un dibattito sull'effettiva sostenibilità di tali fonti rinnovabili fino quasi ad arrivare ad una sorta di atteggiamento “schizofrenico” di rifiuto nei confronti delle nuove tecnologie solari, eoliche o da biomasse che siano.

Si è in altre parole verificato un forte problema di accettazione sociale delle opere energetiche da fonti rinnovabili: da un lato le comunità sono responsabilizzate nei confronti di problematiche di riscontro globale (riduzioni delle emissioni, attenzione ai consumi, ecc.), ma dall'altra spesso volte non accolgono nessun tipo di intervento orientato in questa direzione e in alcuni casi hanno anche il potere di bloccare la realizzazione di questi interventi. Tale atteggiamento è stato denominato “sindrome

NIMBY”, sigla che sta per *not in my backyard* ovvero “non nel mio cortile”, per sintetizzare il comportamento di quanti non vogliono rinunciare ai benefici della vita di tutti i giorni derivanti dalle innovazioni tecnologiche, ma che non sono però disposti ad accettare che tali benefici si hanno solo a fronte di sacrifici, come quello della presenza di più o meno impattanti impianti preposti allo scopo.

Il paradosso si raggiunge nel momento in cui tali opere inserite nel paesaggio, come ad esempio

impianti solari o eolici, possono essere rimossi alla fine del loro ciclo di vita ripristinando la situazione preesistente alla sua costruzione. Ad ogni modo è innegabile che in questi ultimi decenni si sia assistito ad un aumento del fabbisogno energetico destinato a crescere ulteriormente nei prossimi anni. A questo ha corrisposto la costruzione di nuovi impianti per la produzione di energia elettrica, anche di grandi dimensioni, sia in termini di potenza installata sia in termini spaziali di occupazione del territorio, con la conseguente destinazione di aree adibite

ad ospitare i nuovi impianti a discapito di altri possibili usi, quali il residenziale, l'agricolo, o il commerciale.

Questo tipo di opere è appunto percepito in modo negativo dalla popolazione che risiede nelle vicinanze. In realtà si tratta spesso di elementi che possono instaurare un legame e un dialogo virtuoso con il territorio: a volte per aumentare l'accettabilità sociale di tali impianti sono stati adottati criteri di mitigazione nella progettazione, al fine di ridurre l'impatto visivo. Altre volte le nuove realizzazioni vengono assimilate al punto tale da diventare simboli di un paesaggio che si è via via costruito negli anni, come è successo con il sistema dei vapordotti toscani. In occasioni come queste si è arrivati ad accettare tali elementi come eventi che contribuiscono ad una riscrittura dei palinsesti paesaggistici in senso energetico.

Le considerazioni sull'accettazione delle opere energetiche fanno riflettere anche su altre opere infrastrutturali, come ad esempio ponti, acquedotti, grattacieli, che però non scatenano

proteste forti tanto quanto in presenza degli impianti energetici.

Anzi, molte di queste opere infrastrutturali sono state elevate a simbolo dei paesaggi urbani o a monumento nazionale. Basti ad esempio pensare all'infrastruttura per eccellenza, l'acquedotto romano: esso non solo è la testimonianza di un'opera atta alla distribuzione di un elemento essenziale come l'acqua, ma rivestiva un ruolo cruciale nell'organizzazione del territorio, motivi per cui oggi guardiamo ad esso come testimonianza del genio romano applicato all'ingegneria idraulica.

Per concludere l'analisi risulta interessante accennare ad un altro fenomeno che comincia ad interessare già alcuni territori, quello del cosiddetto "turismo energetico".

Un forma di turismo molto particolare e per certi versi ancora di nicchia, che consiste nel visitare i territori dell'energia o singoli impianti, legati al mondo della produzione energetica. È questo un insieme di "beni", che dovrebbe essere considerato alla stregua di un qualsiasi altro

patrimonio storico, considerato quanto e come ha influenzato la cultura, la morfologia, l'evoluzione e lo sviluppo di una determinata realtà territoriale⁶.

Le tappe dello sviluppo del sistema elettrico insegnano, e le realizzazioni degli ultimi decenni confermano, che nell'approccio al progetto di trasformazione del territorio occorre mettere in campo tutta una serie di strategie basate parimenti sugli aspetti legati alla produzione e alla protezione poiché, come si è detto all'inizio di questo paragrafo, il territorio vive nella dicotomia di patrimonio da tutelare e risorsa.

Il territorio può così divenire quel terreno di sperimentazione per tutti quei nuovi modelli di infrastrutture mirate al controllo dei consumi e alla gestione ottimale delle risorse.

Da un lato, le riflessioni condotte sui metodi di produzione dell'energia elettrica spiegano la capacità che questi elementi hanno nel configurare forme e usi del paesaggio, suggerendo la possibilità di riorientare verso

nuovi scenari la progettazione e il governo del territorio.

Dall'altro, l'osservazione delle pratiche di progettazione dei territori energetici attraverso fonti non convenzionali ha evidenziato la crescente centralità delle questioni attinenti al risparmio e alla produzione di energia elettrica come occasione per la costruzione di "nuovi paesaggi".

Note:

¹ Labbate S., *L'età dell'energia*, Vol. 8 – *La Città Elettrica*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, pag. 27

² Questo concetto è espresso dal Professor Rosario Pavia, nel libro Pavia R. (a cura di), *Paesaggi elettrici. Territori, architetture, culture*, Marsilio Editori, Venezia, 1998

³ Le informazioni e i dati che si trovano qui di seguito esposti, sono stati raccolti dai documenti presenti nell'Archivio Storico Enel di Napoli, grazie al supporto dell'avvocato Paolo De Luce, responsabile dell'archivio, durante il mio sopralluogo.

⁴ Zorzoli G., *Una politica energetica per lo sviluppo economico*, in: «CASABELLA» n.425/1977, p. 11

⁵ Al Punto 1 della Delibera del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (Cipe) n. 243 del 4 dicembre 1981, si legge: «Una politica della conservazione, del risparmio e dell'uso razionale dell'energia dovrà influenzare l'intera politica industriale attraverso la incentivazione del risparmio energetico, lo stimolo della ricerca, la innovazione tecnologica e lo sviluppo delle energie rinnovabili»

⁶ Eventi legati al turismo energetico sono per esempio curati da “Enertour”. Per maggiori informazioni: www.enertour.bz.it



2.2 Energia dal Sole

48

Centrale fotovoltaica "Gemasolar", Fuentes de Andalucía, Siviglia, 2011 – Vista dell'impianto
Fonte: www.dailymail.co.uk

All'interno del presente paragrafo verranno affrontati tutti quei progetti che riguardano gli impianti di produzione elettrica da fonte solare.

Il sole è una fonte caratterizzata da una relativamente bassa densità energetica, e per poter far fronte al suo rendimento limitato, le centrali solari hanno bisogno di grandi estensioni sul territorio.

Verranno considerati sia gli utilizzi diretti che indiretti del sole: i primi danno luogo a centrali che sfruttano direttamente l'energia del sole e possono essere impianti solari o fotovoltaici, organizzati in sistemi puntuali e diffusi oppure concentrati in aree dedicate a parchi solari o fotovoltaici.

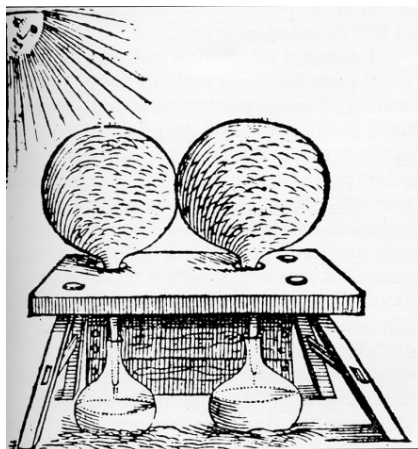
Per usi indiretti del sole invece, si intendono tutte quelle fonti che utilizzano il sole per soddisfare il proprio fabbisogno energetico e che in seguito possono essere utilizzate quali fonti energetiche, come ad esempio le biomasse.

Si parlerà inoltre di *dual land use* fenomeno che interessa direttamente i "territori del sole".

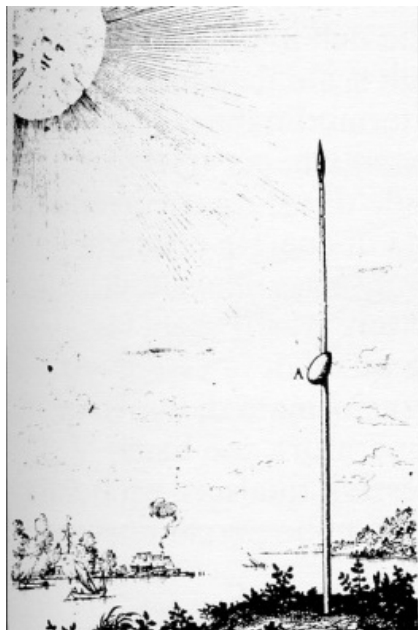
In questa determinata forma di uso del territorio convivono due tipi di "coltivazioni": da un lato la coltivazione delle energie mediante la destinazione di ampie porzioni di superficie all'installazione dei sistemi solari o fotovoltaici, dall'altro le coltivazioni classiche, agricole, che possono in alcuni casi anche fornire materiale per biomasse.

Gli elementi che verranno analizzati saranno dunque le distese di pannelli che con le loro geometrie disegnano i territori su cui insistono.

L'oro elettrico



Uno dei primi esempi di impiego dell'energia solare, per la distillazione



L'uovo riempito di rugiada. Fissato ad un'asta e esposto ai raggi solari, secondo una falsa credenza si alzava fino all'estremità dell'asta.

Fonte: «CASABELLA», n° 425/1977

Il Professor Augustin Mouchot, già nel 1879 scriveva: «Verrà il giorno in cui l'industria non troverà più in Europa le risorse necessarie per tenere il passo con la sua prodigiosa espansione. Senza alcun dubbio, il carbone finirà per essere tutto consumato. Cosa farà allora l'industria?»¹.

Mouchot fu uno dei primi a pensare di sfruttare il calore del sole per convertirlo in energia e così nel tempo sostituire con nuove tecnologie la combustione.

Dapprima egli provò a catturare il sole sfruttando le proprietà del vetro, mentre in un secondo momento usò i concentratori di raggi solari a specchi, chiamati anche “specchi ustori”.

Uno di questi ultimi venne progettato addirittura due secoli prima da un altro francese, Villette, talmente potente da produrre una fiamma potentissima, tale da far pensare di poter sfruttare questa energia per l'industria siderurgica. Dopo diversi studi, Mouchot sviluppò

il primo motore solare che presentò all'Esposizione di Parigi del 1878.

Un altro studioso si dedicò allo sviluppo dei motori solari, John Ericsson che però, in seguito constatò che i costi di questa tecnologia erano ancora troppo alti per far concorrenza al carbone.

Nel frattempo, due scienziati inglesi Adams e Day stavano studiando l'effetto “fotoelettrico”, che trovò la prima vera applicazione nel 1885 tramite Charles Fritts che a New York creò il primo pannello “fotoelettrico”.

Ma anche tali progressi subirono una battuta di arresto poiché, sebbene fosse dimostrata la bontà di tali iniziative, i costi non consentivano di svilupparle sul mercato.

Agli inizi del Novecento l'ingegnere americano Frank Shuman riprese questi studi cercando di colmare le debolezze delle invenzioni dei suoi predecessori. Non solo egli si sforzò di ridurre il costo degli apparati, ma localizzò la sua impresa

in Egitto in modo da trovare un contesto economico e climatico favorevole allo sviluppo delle sue invenzioni.

Anche in Italia le ricerche proseguivano, anche attraverso la presentazione di diversi brevetti. Si ricorda a tale proposito quello di Alessandro Battaglia relativo al “Collettore multiplo solare”, il quale «ha come scopo di raccogliere i raggi solari e rifletterli uniti, in un fascio di forma speciale, in un sito determinato, di superficie limitata, al fine di ottenere una temperatura alta capace di un determinato effetto»², presentato nel 1886.

Sempre agli ultimi anni del XIX secolo risalgono il brevetto di Rodolfo Mathis per l’“Elio-pulsatore”, e il brevetto di Gibelli per gli specchi parabolici.

È utile a questo punto dell’analisi fare anche riferimento ad una sperimentazione sullo sfruttamento dell’energia solare, intrapresa dal Professor Mario Dornig, del Politecnico di Milano, e da egli brevettata nel 1922. Il Professor Dornig stava studiando lo sfruttamento

dell’energia solare captata in bacini di piccola profondità, sfruttando la differenza di temperatura tra il fondo e la superficie, quelli che in epoche recentissime sarebbero stati chiamati *solar ponds*. La concentrazione di tale energia su una caldaia per mezzo di un campo a specchi avrebbe secondo lui portato a risultati ottimali senza dover impiegare ingenti investimenti e pertanto invitava l’Italia a continuare a studiare e investire su questo nuovo ramo della tecnica.

Negli anni Trenta si stavano intraprendendo anche ricerche riguardo altre forme di combustibili, in particolare si pensava di utilizzare le sanse esauste di oliva, le vinacce essiccate, i residui delle lavorazioni del legno, l’etanolo e metanolo prodotti dalla distillazione delle barbabietole, e cominciavano a prendere piede le prime proposte sull’utilizzazione, previo trattamento, dei rifiuti.

Tutte ricerche che anticipano le moderne applicazioni dell’energia solare diretta e indiretta tramite biomasse. Innumerevoli brevetti, studi e applicazioni si susseguirono in questi anni

sull’energia solare, molti a firma di scienziati italiani, basti citare il motore solare Eliodinamic di Giovanni Andri insieme a Daniele Gasperini, o le ricerche del professor Amerio, oppure lo sviluppo di pannelli solari intrapreso da Bruno Lange. All’inizio degli anni Cinquanta, Pearson, Chapin e Fuller misero a punto un nuovo modello di cella solare, basato sul silicio, che subito si rivelò migliore per ciò che riguarda il rendimento energetico rispetto a altri modelli presentati prima di lui e dai suoi contemporanei.

51

Nel corso degli anni Sessanta, poi, le applicazioni utilizzate per le attività spaziali, benché non potessero essere applicate concretamente nel settore elettrico, come accadde anche per lo sviluppo delle tecnologie per lo sfruttamento eolico, fecero da volano per lo sviluppo della tecnologia del fotovoltaico. Tale tecnologia verrà poi sviluppata e applicata concretamente durante gli anni Settanta.

Lo sfruttamento diretto

Per ciò che riguarda i progetti dei primi impianti italiani che fruttano l'energia solare, un primo esempio fu realizzato già nel 1965 a Sant'Ilario, vicino Genova, da Giovanni Francia. Si trattava del primo campo a specchi piani e caldaia a torre puntuale al mondo.

Centrale fotovoltaica Enel *Eurelios* di Adrano, Catania, 1981

Nel 1978 l'Enel sottoscrisse un accordo europeo per la realizzazione di una centrale solare. È così che nasce *Eurelios*, realizzata tra il 1981 e il 1987 ad Adrano in provincia di Catania. Si trattava sempre di una centrale solare a torre e specchi ed utilizzava due diverse tecnologie: una con un impianto a 70 elementi su una superficie di 52 m², l'altra con 112 elementi su 23 m². La caldaia era posta su una torre di 50 metri. Sebbene di piccole dimensioni, la centrale *Eurelios* servì per testare la bontà di tale tecnologia, per acquisire esperienze e per

colmare eventuali criticità, nonché per verificare gli effettivi benefici.

Quasi contemporaneamente, nel 1979, fu realizzato un impianto misto eolico-fotovoltaico. Per questo impianto si scelse la zona di Passo dei Mandrioli (in provincia di Forlì-Cesena) poiché, come ricorda Giuliano Martinelli, il ricercatore bolognese cui si deve l'iniziativa della sua realizzazione, questa zona «fu scelta per la buona insolazione e per la presenza di vento durante l'inverno. Si era infatti deciso, d'accordo con la Comunità Montana dell'Appennino Catenate, di installare un impianto il cui compito "sociale" avrebbe dovuto essere quello di evitare il progressivo spopolamento delle zone montane da parte dei residenti stanchi di vivere in un ambiente ostile soprattutto per carenza di energia. Il risultato fu stupefacente»³, tale impianto infatti garantiva l'erogazione di energia elettrica anche nei mesi invernali.

Qui troviamo uno degli esempi di come una infrastruttura svolga un preciso ruolo non solo

ambientale, ma anche sociale, in dialogo con il territorio e non più in opposizione o sfruttamento di questo.



Impianto solare di Sant'Ilario, Genova, 1965. Campo a specchi.



Centrale Fotovoltaica *Eurelios* ad Adrano, Catania, 1981-1987, Campo a specchi.

Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

Altre grandi realizzazioni sono stati gli impianti fotovoltaici di Vulcano (Sicilia) nel 1984 e di Serre Persano (Campania) nel 1994.

A Vulcano venne installato sia un parco fotovoltaico da 80 kW per alimentare una rete di 55 utenti, sia un sistema diffuso di pannelli fotovoltaici a servizio di 50 abitazioni lontane dalle reti di distribuzione. Se nel caso di Vulcano parliamo di un piccolo, dimensionalmente parlando, intervento articolato in due sistemi uno puntuale, un altro diffuso, nel caso di Serre Persano parliamo del parco fotovoltaico che, nel 1994, anno della sua realizzazione, era il più grande al mondo, con una potenza installata da oltre 3 MW.

Allo storico impianto del '94 si sono poi aggiunti nel 2011 due altri campi fotovoltaici, uno a Borgo San Lazzaro e uno a Spineto.

Alcune ricerche attuali indicano che la migliore via per l'utilizzo dei sistemi fotovoltaici non risiederebbe nella realizzazione di grandi centrali poiché a fronte di significativi problemi ambientali

non vi sarebbe una effettiva convenienza in termini economici, se non in particolari territori. Per tale ragione nel nostro Paese si è preferito spesso la via dell'uso diffuso, ovvero di piccole installazioni presso le singole abitazioni o di insiemi di abitazioni. Simile discorso può essere fatto per le centrali solari.

Centrale solare *Gemasolar*, Fuentes de Andalucía, Siviglia, 2011

All'Estero troviamo invece esempi che procedono in direzione diametralmente opposta, uno di questi è costituito dalla centrale *Gemasolar*, realizzata nel 2011, che si trova a Fuentes de Andalucía, nella provincia di Siviglia, nella regione che non a caso viene chiamata la "fascia del sole" per la caratteristica di essere l'area con maggiore irraggiamento solare sulla Terra.

L'impianto con la particolare disposizione dei suoi 2.650 pannelli a formare una sorta di grande specchio circolare, sembra un progetto di *Land Art*, che si estende per circa 185 ettari di terreno.

La centrale è del tipo a torre e campo a specchi: gli eliostati inviano il 95% della radiazione solare alla torre situata al centro dell'impianto, producendo energia per il fabbisogno di circa 25.000 abitazioni nelle vicinanze.

Al contrario però di altre simili centrali solari, *Gemasolar* è la prima a produrre energia elettrica anche la notte: la centrale infatti immagazzina l'energia del giorno per rilasciarla durante la notte per un periodo di circa 15 ore, sia durante i periodi con forte irraggiamento che in assenza di sole.

53



Centrale solare *Gemasolar*, Fuentes de Andalucía, Siviglia, 2011 – Vista dell'impianto



Centrale solare *Gemasolar*, Fuentes de Andalucía, Siviglia, 2011 – Particolare degli specchi
Fonte: www.dailymail.co.uk

Centrale fotovoltaica *Noor 1*, Ouarzazate, Marocco, 2016

Nel febbraio 2016 è stata invece inaugurata la prima porzione della centrale *Noor*, nella provincia di Ouarzazate, nel centro del Marocco, destinata a diventare la più grande centrale solare al mondo visto che nel 2020, anno in cui si prevede di terminare i lavori, questa occuperà più o meno la stessa superficie di Rabat.

L'impianto costruito, *Noor 1*, è in grado di fornire elettricità a circa 650.000 abitanti del Marocco, dall'alba fino a tre ore dopo il tramonto.

Il ministro dell'ambiente marocchino ha pensato di sfruttare le risorse derivanti dalla posizione e dalla topografia della regione per poter soddisfare parte del proprio fabbisogno energetico senza dover ricorrere all'importazione di combustibile fossile, in quanto il Marocco non è produttore di petrolio.



Centrale fotovoltaica *Noor 1*, Ouarzazate, Marocco, 2016
– Vista dell'impianto



Centrale fotovoltaica *Noor 1*, Ouarzazate, Marocco, 2016
– Particolare
Fonte: www.ilpost.it

Lo sfruttamento indiretto

Nel corso degli ultimi anni, come si è detto, si sta sviluppando il concetto di “uso duale” del territorio.

La questione si inserisce nel quadro più ampio del processo di “desertificazione” cui stanno o sono andati incontro vaste porzioni di territorio, a seguito dello sfruttamento intensivo dei suoli, e alla perdita di produttività agricola di questi (in alcuni casi si parla di una vera e propria “sterilizzazione” delle aree).

Sono principalmente due gli ambiti di impiego delle strategie di *dual use* del territorio: il primo riguarda il settore dell'agro-energia e coltivazione delle energie, e il secondo è il settore turistico-residenziale.

Al primo settore corrispondono tutta quella serie di operazioni in cui un territorio vede la convivenza, nella stessa area adibita a coltivazioni specifiche, di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile. Per questo motivo si parla sia di agricoltura tradizionale che di coltivazione delle energie.

Limoneira Company, 5.5 Acre Solar Orchard Juices, Santa Paula, California, 2008

È questo l'esempio del progetto condotto dalla Mitsubishi Electric & Electronic USA Inc. e l'azienda Perpetual Power che insieme hanno dato vita ad una speciale piantagione di agrumi a Santa Paula, California, in collaborazione con la Limoneira Company un'azienda che coltiva limoni, avocado, arance e altre specie di agrumi. La crescita della piantagione avviene durante il pieno funzionamento dell'impianto fotovoltaico, per merito di esso infatti l'azienda agricola ha potuto ridurre notevolmente i costi dell'energia necessaria alla vita della piantagione stessa.

Il progetto prevede anche un centro di istruzione e un osservatorio aperti al pubblico con la missione di divulgare quanto più possibile le potenzialità e gli usi virtuosi dell'energia solare.

Centrale fotovoltaica di Carrozzolo, Bari, 2008

Un esperimento simile è stato condotto nelle campagne di Mola di Bari, in località Carrozzolo, dove già dal 2008 è attivo un impianto

fotovoltaico di circa 800 mq installato su di un vigneto coperto di circa tre ettari.



Limoneira Company, 5.5 Acre Solar Orchard Juices, Santa Paula, California, 2008
Fonte: www.mitsubishielectricsolar.com



Centrale fotovoltaica di Carrozzolo, Bari, 2008
Fonte: Ingegnere Filippo Intreccio. www.ingintreccio.it



Centrale fotovoltaica di Carbonia, Sardegna, 2009
Fonte: www.arketipomagazine.it

Questo intervento ha saputo coniugare le due produzioni: quella agricola tradizionale della zona per l'uva da tavola ed energia elettrica pulita. L'impianto fotovoltaico si accorda alla presenza naturale del vigneto, infatti i moduli della struttura dei sostegni dei pannelli fotovoltaici sono posti a 2,5 metri dal suolo per garantire il giusto spazio alle piante; i pannelli, dal canto loro, sono utilizzati quali copertura necessaria al vigneto. Inoltre la parte posteriore dei moduli fotovoltaici è rivolta a nord, quindi esposta ai venti della costa pugliese sul versante adriatico, favorendo così la ventilazione

necessaria al vigneto e al raffreddamento dell'impianto generatore.

Un altro esempio di uso duale del suolo è rappresentato da tutte quelle operazioni che si svolgono su aree improduttive o di discarica, le quali vanno incontro all'esigenza di reperire zone necessarie all'installazione degli impianti solari.

Centrale fotovoltaica di Carbonia, 2009

Un caso studio di eccellenza in questo senso è costituito dall'impianto di Carbonia, in Sardegna, dove nel 2009 è stato inaugurato un nuovo impianto fotovoltaico ad inseguimento solare da 1MW. L'impianto è stato realizzato da Unendo Energia, grazie anche alla collaborazione della Provincia, della Regione Sardegna e dell'Enel, con i pannelli Renegies Italia e occupa un'area di 40.000 metri quadrati all'interno di una discarica attiva per il trattamento dei rifiuti.

Tali esempi dimostrano anche il dualismo con cui è utilizzata la tecnologia fotovoltaica: da un lato troviamo infatti i sistemi diffusi in pannelli installati sui tetti delle singole abitazioni, dall'altro grandi impianti che occupano aree vaste e che

rendono in questo modo accessibile tale tipo di energia anche a tutte quelle utenze che sono impossibilitate ad installare moduli fotovoltaici propri.

In conclusione, si ritiene opportuno citare anche il progetto "Desertec", che mira a sfruttare il terreno improduttivo del deserto per portare calore dal Sahara in Europa dove viene trasformato in energia tramite le centrali a concentrazione termica.

In questi anni assistiamo alla ricerca di ulteriori fonti energetiche alternative, che ha condotto all'individuazione delle cosiddette bioenergie quali risorse ottimali per la lotta ai cambiamenti climatici e ha quindi riportato in primo piano il ruolo centrale dell'agricoltura. Per biomasse intendiamo tutto quell'insieme di coltivazioni, degli scarti agricoli e forestali, dei biocarburanti utilizzabili a scopi energetici.⁴

La produzione di bioenergia è nel nostro Paese una pratica diffusa e consolidata, che si avvale di una pluralità di materie prime e della disponibilità di tecnologie mature e affidabili quali il calore da

biomasse solide, l'elettricità da biomasse, biogas e bioliquidi, i biocarburanti da colture zuccherine, cerealicole e oleaginose.

Gli "ingredienti" principali del progetto di questi nuovi palinsesti paesaggistici sono dunque le aree verdi (boschive e coltivate) e le infrastrutture di produzione e trasporto. Pertanto, si immagina uno scenario futuro del progetto del territorio in cui all'agronomia è riconosciuto il ruolo della gestione delle risorse boschive e delle coltivazioni, all'ingegneria energetica il compito di miglioramento delle prestazioni e delle tecnologie delle centrali e delle reti di distribuzione. Fra i due sistemi, naturale e tecnico, in apparente antitesi, l'architettura assume il possibile compito di "legante".

Centrali di questo tipo dovranno prevedere la presenza di aree e centri per la raccolta e lo stoccaggio, e moltissime potrebbero essere le filiere attivabili per l'utilizzo e delle risorse e dell'energia.

Un primo utilizzo potrebbe essere appunto rivolto alle stesse aziende agricole proprietarie dei terreni agricoli o forestali.

Un secondo utilizzo potrebbe essere dedicato alla fornitura di biomassa per alimentare impianti in condivisione e a supporto di una rete di aziende agricole connesse, e infine la produzione e vendita delle biomasse a terzi.

Si può ben dedurre quindi come il territorio sarà interessato da nuove reti infrastrutturali, nuovi elementi costruiti a servizio di queste aree produttive e nuovi tipi di centrali.

Note:

¹ Citato da Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 2 – *Storia dell'Energia Verde*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010, p. 21

² Citato da Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 2 – *Storia dell'Energia Verde*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010, p. 26

³ Citato da Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 2 – *Storia dell'Energia Verde*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010, p. 133

⁴ Come si può leggere all'art. 2, punto 1, lettera a) del D.lgs 387/2003: «per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani».



2.3 Energia dal Vento

60

Impianto eolico Enel di Sedini, Sardegna
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

«Attraverso la Bauce a sud ovest di Parigi e i campi di rotor eolici mi mostrano un paesaggio inusitato, nuovo come quando dalla Germania vado in Danimarca segnano un nuovo paesaggio i rotor collocati nelle acque del mare del Nord o come quando attraverso le foci dell'Ebro in Spagna o mi avvicino al Monte Acri alle spalle di Oristano o percorro molti altri territori europei inclusi alcuni italiani. Qualcosa sta cambiando, in senso lato, il paesaggio europeo ed è forse simile al momento nel quale i treni hanno cominciato a percorrerlo e strutturarlo o, più di recente, le linee elettriche e le autostrade»¹.

Il rapporto con il territorio diviene tema ancor più delicato quando si vanno ad analizzare le trasformazioni generate dalla diffusione dei sistemi eolici.

Quello dell'energia eolica è forse il settore delle energie rinnovabili in cui l'Italia è partita in ritardo rispetto ad altri paesi, e la ragione risiede proprio nella conformazione del nostro territorio: la penisola essendo situata all'interno del bacino

chiuso del Mediterraneo non è interessata da venti di forte intensità, inoltre la presenza di catene montuose e masse d'acqua determina una distribuzione delle pressioni atmosferiche diversa secondo le stagioni, il che influenza direttamente l'andamento dei venti. Le aree più favorite sono quindi quelle del centro-sud e delle isole, dove il maestrale, lo scirocco e il libeccio sono presenti con buone intensità.

Nel corso degli anni si è andata via via affermando l'idea che gli impianti eolici siano dei detrattori dei valori paesaggistici, sostenuta dalla convinzione di un'antitesi esistente tra questo tipo di infrastruttura energetica e una sorta di "illibatezza" del paesaggio in cui questa va ad inserirsi.

L'accettabilità sociale degli impianti da fonti rinnovabili in Italia è estremamente bassa, specie nei confronti degli impianti eolici, al contrario di quanto avviene nei Paesi del Nord Europa, in particolar modo la Danimarca, dove le pale eoliche richiamano chiaramente la struttura e la funzione dei mulini a vento, usati da secoli.

In realtà, come si cercherà di mostrare attraverso gli esempi proposti, gli impianti eolici sono in grado di conferire caratteri di specificità ai luoghi. I "territori del vento" presentano caratteri geografici simili, sia che siano posizionati sulle coste, sulle dorsali, o su pianure, essi presentano condizioni e fenomeni climatici tali da caratterizzarli fortemente: il vento modella i rilievi, genera suoni, muove la vegetazione e il cielo, esso ha, in altre parole, la capacità di strutturare il paesaggio, in cui gli aerogeneratori non si pongono come danno per l'immagine di quel luogo quanto come forte strumento "segnaletico" e di riconoscibilità.

Sono inoltre luoghi di così grandi dimensioni da poter bene assimilare la scala delle pale eoliche. I sistemi eolici sono organizzati in parchi eolici (se non si considera il mini-eolico che ha un impatto però a scala urbana e non territoriale), differentemente dalle tecnologie solari che permettono anche un uso più distribuito.

In molti progetti le strutture anemoelettriche sono disposte in modo da non alterare la visibilità degli

elementi di riconoscibilità dei luoghi in cui si inseriscono, sono relazionati al contesto, e disposti in allineamenti e rispettano precise regole compositive tali da generare nuove letture e nuove relazioni con i contesti territoriali.

Dai mulini alle pale eoliche

Lo sfruttamento del vento è una tradizione molto antica, specialmente nell'Europa del nord e orientale, dove

grazie alla presenza di milioni di mulini a vento si potevano azionare impianti agricoli di pompaggio, per il sollevamento dell'acqua dai pozzi o per processi artigianali e industriali. Nel corso dei secoli più volte tecnici e studiosi sono tornati a occuparsi di ricerca inerente lo sfruttamento dell'energia eolica.

È del 1889 la richiesta di brevetto avanzata da Giuseppe Bella per un "Nuovo motore a vento attraverso lo sfruttamento delle correnti d'aria", in seguito generatori eolici venivano utilizzati per alimentare le batterie delle stazioni radio che collegavano rifugi alpini o stazioni lungo collegamenti in cavo che univano zone prive di elettricità.

Negli anni Trenta i sovietici costruirono in Crimea la prima centrale eolica, che rimase in funzione fino alla Seconda guerra mondiale. In Italia alcune ricerche scientifiche portarono alla

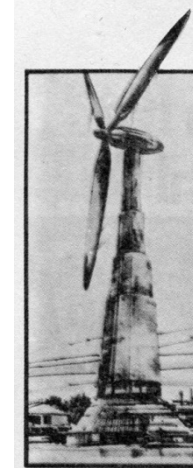
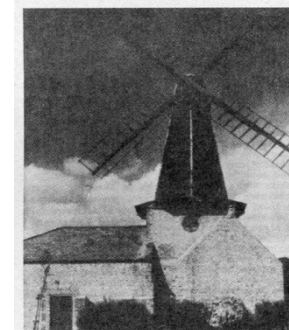
proposta di una aeroturbina, mentre una ditta produttrice di impianti eolici per uso agricolo produsse un modello di generatore elettrico che chiamò "Aeroluca".

Negli anni Trenta e Quaranta si alternavano voci di quanti erano convinti vi fosse una scarsa convenienza economica nell'impiego della tecnologia eolica se non per territori privi o scarsamente dotati di risorse idriche e interessati invece da forti venti, e di altri, come l'ingegner Arnaldo Maria Angelini, secondo i quali invece l'Italia si trovava in condizioni favorevoli per un ottimale sfruttamento delle correnti eoliche. Angelini sosteneva inoltre che la presenza della generazione idroelettrica consentisse alle reti distributive di utilizzare anche l'energia eolica collegando i generatori alle linee già esistenti sul territorio senza utilizzare batterie di accumulatori che rappresentavano il maggior costo di tali impianti.²

Durante gli anni Settanta le ricerche sull'eolico ebbero minor successo, bisognerà aspettare gli

Il mulino rivisitato

Tempi di nuova gloria per una delle macchine più antiche del mondo, il mulino a vento. In Inghilterra un mulino del 1724 è stato acquistato dal Hove Borough Council e sarà forse trasformato in un museo agricolo. In Danimarca, invece, sta per essere costruito il più grande mulino a vento del mondo. Alto 54 metri, costerà 300 milioni circa, avrà pale lunghe 27 metri in fibra di vetro, che peseranno ciascuna 44,5 tonnellate, potranno girare a 40 giri al minuto, vale a dire 400 km all'ora alle estremità. Nella costruzione del mulino sarà installato un generatore elettrico di 2000 kw, in grado di alimentare il college che si è fatto promotore dell'iniziativa, e anche alcune scuole circostanti. U. V.



Articolo comparso su
«CASABELLA» n. 425/1977

anni Ottanta quando, complici anche alcune realizzazioni nel settore aerospaziale nel campo della aerodinamica (la cui tecnologia ovviamente non era alla portata degli impieghi del settore elettrico) portarono allo sviluppo di alcuni modelli e all'individuazione dei aree di insediamento e tipologie di impianti eolici.

Nell'epoca contemporanea si assiste quindi, come in una sorta di passaggio di testimone, all'ideale evoluzione dei mulini a vento in pale eoliche, o meglio a sistemi di aerogeneratori e centrali eoliche, spesso organizzati in parchi.

L'installazione di centrali eoliche in Italia avviene in siti montani o collinari delle aree appenniniche, su rilievi costieri ma arretrati rispetto alla linea di costa; nelle aree centro-meridionali e in Sardegna l'installazione avviene su crinali più o meno appiattiti e su colline ondulate.

Oltre alle caratteristiche del luogo di installazione, le tipologie di centrali più diffuse si distinguono per ragioni legate alla tecnologia, avremo quindi:

- per siti nuovi: centrali ad alta densità, con spazio tra le turbine pari a tre volte il diametro della turbina lungo la stessa fila e cinque volte tra file diverse
- per siti già esistenti e per cui occorre effettuare il re-powering (sostituendo il generatore): centrale con minore densità della precedente poiché le nuove macchine che si andranno ad installare in sostituzione delle precedenti hanno un rapporto di uno ogni due-tre macchine esistenti
- per siti di piccola dimensione: si mantiene una estensione limitata del parco eolico, e quindi le macchine saranno di media taglia e collegate direttamente alla linea a media tensione.

Centrale eolica di Alta Nurra, Sassari, 1992

Tra i progetti principali degli ultimi anni vi è il parco eolico sperimentale di Alta Nurra, in provincia di Sassari, realizzato nel 1992. La nuova centrale Enel, che è stata inaugurata nel 2002, nasce proprio sul preesistente impianto degli anni '90 attraverso cui era stato possibile

Impianto eolico Enel di Alta Nurra, Sassari, 1992 –
Aerogeneratore e centrale
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Impianto eolico Enel di Malpica, Spagna
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



effettuare le sperimentazioni sui prototipi di aerogeneratori.

Il sito su cui sorge l'impianto è privo di coltivazioni, ed è stato lasciato alla sua naturale vocazione del pascolo degli ovini, in perfetto accordo, quindi, con il territorio circostante.

Nel 2007 è stato rinnovato anche un altro grande parco eolico, ad Acquaspruzzo, realizzato nel 1995.

Il parco è la testimonianza dell'accordo tra un sistema infrastrutturale e il territorio dove si insedia, in questo caso il Molise. La realizzazione di tale impianto ha trovato concordi le istituzioni, la popolazione e le associazioni ambientaliste.

EnergieLandschaft, Morbach, Germania, 2001

In Germania l'accettazione di tali realizzazioni ha portato alla realizzazione della centrale eolica più alta al mondo nel comune di Morbach. Il parco energetico di Morbach sorge su un sito militare dismesso, di circa 150 ettari, in cui si concentrano impianti da fonti rinnovabili quali, oltre all'eolico, il fotovoltaico e le biomasse; il

progetto prevede inoltre di integrare all'interno del parco anche spazi destinati al commercio, al tempo libero, all'istruzione e alla ricerca, il tutto immerso in un'ampia area verde.

A testimonianza di quanto la popolazione abbia accettato questo parco energetico, si segnala che circa 300 degli 11.000 abitanti di Morbach, sono anche direttamente coinvolti nel progetto: questi hanno acquisito infatti una partecipazione finanziaria e posseggono tutti insieme una parte degli impianti eolici oggi in funzione.

Czstudio, Parco eolico di Monte San Chirico e Spina, Roseto Valfortore, Foggia, 2003-2006

Czstudio (formato dagli architetti Paolo Ceccon, Laura Zampieri, Giulia Sperandio, Elena Antonioli) con Daniela Moderini e Giovanni Selano ha realizzato due parchi eolici a Roseto Valfortore e Alberona, pensando agli aerogeneratori come elementi fortemente relazionati con il paesaggio.

I parchi di Roseto Valfortore (Foggia), San Chirico e Spina, realizzati tra il 2003 e il 2006 insistono su territori dal grande valore storico e

panoramico. In particolare la presenza del monte San Chirico con la sua valenza archeologica ha imposto al progetto di pensare ad un dialogo tra

EnergieLandschaft a Morbach, 2001

Foto aerea

Planimetria del parco energetico

Fonte: www.energielandschaft.de



questa preesistenza e le pale, in un equilibrio tra vecchi e nuovi segni. Il progetto ha dovuto tenere conto sia di fattori ambientali quali le componenti geomorfologiche e anemometriche, che normativi considerata la presenza di forti vincoli paesaggistici e proprietari.

La conformazione stessa del luogo, con i suoi rilievi, i suoi colori, e l'andamento delle strade, ha guidato il progetto anche delle infrastrutture a supporto dell'impianto: gli spazi e i percorsi dedicati al cantiere in fase di costruzione sono poi diventati, a progetto ultimato, spazi di sosta e osservazione per i visitatori.

Czstudio, Parco eolico di Coppa di Mezzanelle, Alberona, Foggia, 2004-2008

Nell'impianto di Coppa di Mezzanelle, ad Alberona (Foggia), realizzato tra il 2004 e il 2008 le torri eoliche non interferiscono con gli elementi che donano riconoscibilità al paesaggio circostante, caratterizzato dai forti segni delle preesistenze archeologiche. I progettisti qui hanno scelto di allineare le turbine lungo la sommità del rilievo, introducendo così una nuova

modalità di lettura della morfologia e del territorio stesso.

Anche gli elementi che caratterizzano i territori eolici, possono costituire degli strumenti di monitoraggio e di registrazione degli eventi del luogo, mediante l'impiego di anemometri, apparecchi ricetrasmittenti, gps e web-cam, nello stesso modo in cui sono considerati elementi di controllo del territorio anche le dighe ad esempio.

Czstudio, Parchi eolici di Monte San Chirico e Spina, Roseto Valfortore, Foggia, 2003-2006
Planimetria e foto
Fonte: www.czstudio.com



Il concorso Enel *Paesaggi del Vento*, 2001

Il concorso *Paesaggi del Vento* è stato indetto da Enel Green Power nel 2001, con l'obiettivo di coinvolgere nella trasformazione del territorio a fini elettrici il mondo dell'architettura.

L'oggetto del concorso è stato la progettazione di due impianti eolici, uno a Cinisi, in provincia di Palermo e l'altro a Pescopagano, in provincia di Potenza, i cui esiti hanno portato allo sviluppo di basi per la definizione di un progetto preliminare per gli impianti eolici ai fini della loro successiva realizzazione.

Secondo le parole di Paolo Pietrogrande, l'allora amministratore delegato di Enel Green Power: «Una gara di idee è uno strumento per vagliare le capacità delle generazioni attuali su un determinato argomento. Nel nostro caso alla incorporeità delle idee si è aggiunta anche quella dell'oggetto su cui vertevano: il vento. Il vento visto come fonte di energia rinnovabile, virtualmente infinita, certamente pulita. [...] Ma il vento occorre imbrigliarlo, domarlo, incanalarlo: noi ingegneri sappiamo bene come farlo,

conosciamo la fisica e la tecnica; ma spuntano torri, cabine di controllo, strade nuove, strutture di supporto che prima non esistevano, quasi sempre in luoghi belli e incontaminati. Una gara rivolta anche ad architetti ci ha dato la possibilità di sviluppare quel lato della progettazione più sensibile all'inserimento armonico delle strutture nel paesaggio»³.

Il concorso è nato proprio per definire il layout dell'impianto, cioè per la disposizione degli aerogeneratori sul territorio, al fine di individuare soluzioni di equilibrio tra l'infrastruttura del vento e l'ambiente circostante.

Gli aspetti su cui i progettisti si sono dovuti concentrare sono stati:

1. La disposizione degli impianti sul territorio, la loro percezione e il loro impatto visivo rispetto ai punti di vista principali o a visioni in movimento (strade)
2. I caratteri delle torri, con indicazioni sui materiali utilizzati, i colori, la forma ecc., con

particolare riguardo agli aspetti della durabilità e manutenzione.

3. I caratteri del territorio in relazione alle proposte di trasformazione quali interventi di rimodellazione dei terreni, interventi di ingegneria naturalistica, l'inserimento di nuove strade e strutture secondarie

4. Forme e sistemi per la fruizione pubblica delle aree

5. Linee guida per l'utilizzo di materiali degli interventi, degli impianti arborei, delle illuminazioni eventuali, ecc.

6. Aspetti economici attraverso la redazione di un computo indicativo

La giuria, composta da Francesco Dal Co, Giancarlo De Carlo, Michel Desvigne, Pablo Estebàn, Federico Oliva, Ermete Realacci, Chicco Testa, Sandro Polci, Maddalena Cannarsa e Edoardo Zanchini, ha decretato vincitore del progetto per Cinisi il gruppo formato da Pierre Vanderquand, András Jambor, Cecile Menmier e Valentina Serafini con il progetto

L'ombra del vento, mentre per Pescopagano il gruppo composto da Daniela Moderini, Laura Zampieri, Giovanni Selano, Giulia Manenti, Nicola Paltrinieri, Giuseppe Cimino, con il progetto *Traccia*.

Progetto *L'ombra del vento* per la centrale di Cinisi, Palermo

L'area di progetto per Cinisi, sul rilievo montuoso di Monte Pecoraro, tra Palermo e il Golfo di Castellamare, è caratterizzata da un paesaggio brullo con assenza di vegetazione, utilizzata per il pascolo del bestiame. Tale sito si trova compreso in una area SIC (Sito di importanza comunitaria) e come tale il progetto è stato vincolato a una Valutazione di Incidenza Ambientale. Il gruppo vincitore descrive il proprio progetto come una linea, una pista larga 21 metri e lunga più di un chilometro che corre lungo la cresta del monte Pecoraro. La pista si disloca sia a livello del terreno sia sopra, attraverso un terrapieno rialzato.

I progettisti hanno privilegiato la visione in movimento, in modo tale che: «Percorrendo

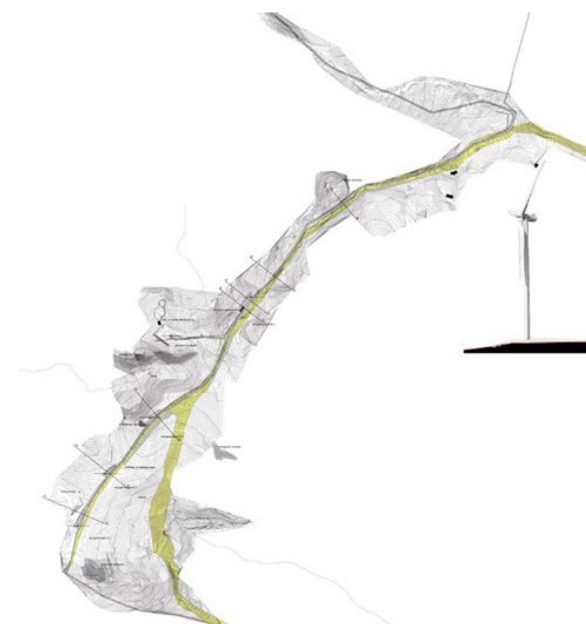
l'autostrada A29 o in barca nel golfo di Carini, gli aerogeneratori dell'impianto si staglieranno sull'orizzonte, posizionati quasi sulla linea di cresta, saranno visibili da lontano nelle diverse luci della giornata, come le colonne di un tempio greco in rovina, come un filare di cipressi che ritagliano il cielo con il loro profilo scuro.»⁴.

Progetto *Traccia* per la centrale eolica di Pescopagano, Potenza

L'area di Pescopagano, invece, è situata sul rilievo montuoso di Monte Carruzzo, ed il paesaggio è quello dei rilievi dell'appennino lucano. Tra gli elementi del paesaggio si ritrovano forti presenze di beni storici e paesaggistici diffusi, oltre ai sistemi di masserie, fontane e boschi.

Lo sforzo dei progettisti qui è teso a dotare l'infrastruttura di nuovo senso, attraverso un progetto che definisce una «strada del vento» che «si incrocia con quelli archeologici, monumentali, storici, naturalistici, enogastronomici già da tempo consolidati»⁵.

Disegni del progetto "*Traccia*" per il parco eolico di Monte Carruzzo, Pescopagano, Potenza –
Concorso "Paesaggi del Vento"
Fonte: www.czstudio.com



Note:

¹ Bernardo Secchi, *Energia eolica: la costruzione di un nuovo paesaggio*, in: Zanchini E. (a cura di), *Smisurati Giganti? La modernità dell'eolico nel paesaggio italiano*, Alinea Editrice, Firenze, 2010, p. 12

² «Non è improbabile che, qualora utilizzate, le disponibilità di energia eolica presentino in certa misura un carattere integrativo rispetto alle disponibilità idriche. Ciò deriva dalla elementare constatazione che il vento è generalmente meno intenso nei periodi piovosi cui corrisponde la morbida dei fiumi e quindi disponibilità di energia fluente. Nell'Italia settentrionale, in particolare, l'intensità e la persistenza del vento si manifesta soprattutto in autunno (ma non in coincidenza con le piogge autunnali) e in inverno, e cioè nel periodo di maggior carenza di energia», Arnaldo Maria Angelini, in: Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 2 – *Storia dell'Energia Verde*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010, p. 99

³ Paolo Pietrogrande in: Zanchini E. (a cura di), *Paesaggi del vento*, Meltemi Editore, Roma, 2002, p. 8

⁴ Descrizione dei progettisti in: Zanchini E. (a cura di), *Paesaggi del vento*, Meltemi Editore, Roma, 2002, p. 38

⁵ Descrizione dei progettisti in: Zanchini E. (a cura di), *Paesaggi del vento*, Meltemi Editore, Roma, 2002, p. 78



2.4 Energia dal Sottosuolo

70

Solfioni boraciferi di Sasso Pisano
Fonte: Archivio personale

Lo sfruttamento delle forze endogene per produrre energia, dà luogo a sistemi in cui, forse molto di più rispetto agli altri impianti da fonti rinnovabili, natura e tecnica vivono in un legame forte.

I “territori geotermici” risultano interessati da una terra che respira, vivono di una energia visibile ai nostri occhi quanto affascinante, i soffioni sono riverberi del sottosuolo che gli impianti costruiti per la coltivazione e l'estrazione di tale fonte non occultano.

Pertanto nella descrizione di tali territori verranno illustrati sia gli aspetti naturali, legati alle manifestazioni del sottosuolo, come i soffioni e i lagoni, che gli aspetti tecnici ovvero tutti quei manufatti che compongono un impianto geotermico che si struttura sia in maniera “nodale” attraverso le centrali che “lineare” con i percorsi composti dai vapordotti, il cui sviluppo sul territorio crea quasi delle “strade” che dalla terra conducono all'impianto centrale.

L'analisi si concentrerà su un territorio specifico, la Toscana, e più precisamente nell'area

compresa tra le province di Pisa, Siena e Grosseto, dove la città di Larderello ci consegna una storia di “sfruttamento” geotermico unica al mondo.

Parlare di sfruttamento in questo specifico caso è addirittura improprio, poiché, come verrà mostrato, ci troviamo di fronte ad un complesso sistema in cui l'equilibrio e il rispetto della natura sono la forza essenziale per l'approvvigionamento energetico.

Riconversioni energetiche: la storia di Larderello e del suo territorio

La storia della nascita di questo specifico settore della produzione di energia elettrica si colloca proprio alla fine dell'Ottocento, in un'area della Toscana fra le province di Pisa, Siena e Grosseto, nella cittadina di Larderello. Proprio qui si assiste ad una straordinaria storia di riconversione produttiva di un territorio e delle sue risorse e all'utilizzo delle energie del sottosuolo per la produzione di energia elettrica¹. Tali forze endogene si presentano sotto forma di «soffioni», ovvero piccoli geyser, a volte di potenza anche piuttosto elevata, e di «lagoni» ovvero piccoli crateri in cui l'acqua gorgoglia grazie appunto alla presenza di vapore e gas, ed erano conosciute già ai tempi dei Romani. Se si osserva la Tavola Peutingeriana (copia del XII-XIII Secolo di una antica carta romana risalente al periodo dell'impero), infatti, nel territorio corrispondente all'attuale Toscana sono ben riconoscibili edifici che poi sarebbero stati identificati come impianti termali. Lo sfruttamento di tali acque e vapori inizialmente è dunque

legato al fenomeno del termalismo, fenomeno che avrebbe accompagnato anche il periodo del basso Medioevo. In quell'epoca nasce anche l'interesse minerario per il sali depositi dai soffioni e dai lagoni.

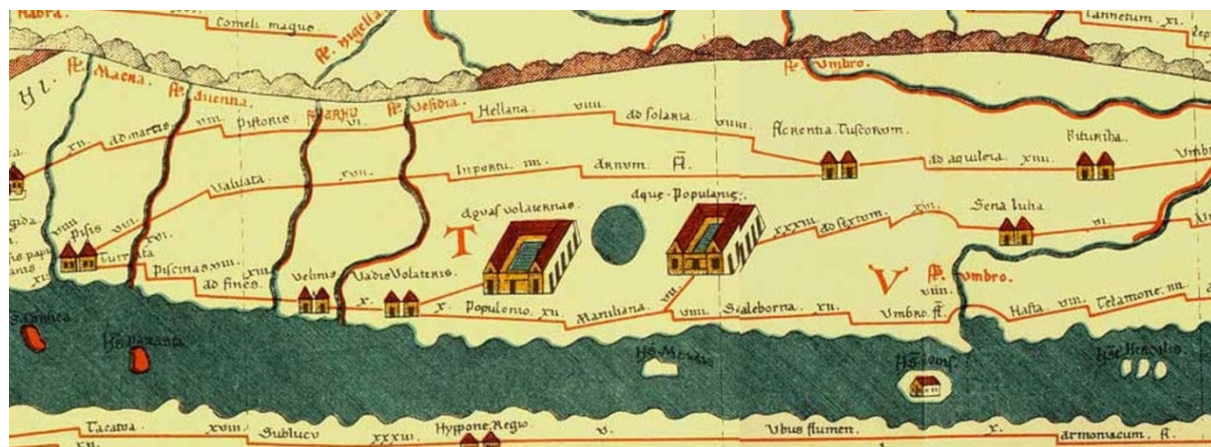
Dobbiamo fare un balzo di diversi secoli per arrivare alla fine del Settecento quando avviene la seconda riconversione del territorio legata alla scoperta dell'acido borico e quindi allo sfruttamento chimico dell'area.

La scoperta di tale elemento costituì all'epoca una vera ricchezza, basti pensare agli

innumerevoli impieghi dei sali di boro. Essi sono infatti impiegati per lavorazioni legate al vetro, agli smalti e alle vernici, alla carta e agli adesivi, negli esplosivi e nel settore cosmetico-farmaceutico legato alla cura della pelle (il borotalco).

Sono due gli scienziati operanti nell'allora granducato di Pietro Leopoldo a cui si deve tale scoperta: Uberto Francesco Hoefer, che scoprì l'acido borico nella acqua dei lagoni e Paolo Mascagni che intuì la possibilità di utilizzarlo a fini industriali.

72



Parte della Tavola Peutingeriana raffigurante una porzione del territorio toscano. Si possono riconoscere gli impianti termali di *Vadis Volatensis* (Vada) e *Populonia* (Populonia), considerati delle vere e proprie centralità.

Si deve tuttavia a un cittadino francese trasferitosi a Livorno nel 1814, Francesco De Larderel, la vera e propria attività di sfruttamento delle precedenti scoperte appena descritte, che inizia a tutti gli effetti nel 1818.

Lo sfruttamento intensivo inizierà nel 1827 quando De Larderel fa costruire il primo “lagone coperto” ovvero una cupola in muratura sopra un lagone naturale che meglio raccoglie il vapore e lo fa uscire ad una pressione tale da far girare velocemente il cestello nel quale vengono immessi i sali borici destinati all'essiccazione prima di essere commercializzati.

Nel periodo compreso tra il 1700 e il 1827 assistiamo alle più profonde trasformazioni territoriali legate allo sfruttamento geotermico: in questo periodo infatti si utilizzano grandi quantitativi di legname per alimentare i primi impianti, con il risultato che ampie zone boschive del territorio vengono completamente distrutte per essere utilizzate per gli scopi industriali. Successivamente iniziano le perforazioni finalizzate alla ricerca di altro fluido energivoro (ad esempio nel 1838 iniziano le perforazioni a Monterotondo Marittimo); con il crescere dell'attività industriale lanciata da Francesco De

Larderel, viene costruito il villaggio-fabbrica di Larderello (anche il nome viene cambiato dall'originario Montecerboli in “Larderello” nel 1846 in onore dell'imprenditore francese).

Agli inizi del '900 avviene la terza ed ultima riconversione del territorio per lo sfruttamento dell'energia geotermica finalizzata alla produzione dell'energia elettrica. L'idea nasce in seguito all'intuizione di Piero Ginori Conti, genero di Francesco De Larderel, di utilizzare il vapore geotermico come energia meccanica per

73

movimentare alcuni macchinari. Nel 1904, a seguito di numerosi studi, Ginori Conti diviene il protagonista di un esperimento all'epoca rivoluzionario: l'accensione di cinque lampadine, grazie alla movimentazione tramite il vapore di un motore collegato ad una piccola dinamo. Il primo esperimento di produzione di energia elettrica per via geotermica era avvenuto, comincia quindi il periodo della costruzione dei primi impianti per ottenere l'elettricità destinata sia al villaggio-fabbrica che



Plastico rappresentante il villaggio-fabbrica di Larderello, 1860. Conservato presso il Museo della Geotermia di Larderello.
Fonte: Archivio personale

agli altri usi industriali. Nel 1905 Larderello è illuminata con lampioni elettrici.

L'esperimento di Ginori Conti era solamente il primo di un lungo periodo di successo che si sarebbe consolidato nel corso dei decenni successivi anche grazie alla scoperta di nuovi soffioni molto potenti in seguito al procedere della continua attività di perforazione. Il figlio di Piero Ginori Conti, Giovanni, ricorda come *«il rumore che il vapore faceva nell'uscire era assordante e, per un raggio di oltre cento metri, la parola non veniva più udita; a distanza superiore, occorreva gridare per potere più o meno farsi capire»*².

Nel corso degli anni che precedono la guerra sorge la centrale "Larderello 1", che nel 1914 viene collegata alle linee di distribuzione delle vicine Pomarance e Volterra.

La spinta incredibile di tale sviluppo porterà ad iniziare trivellazioni anche nella regione di Pozzuoli nel 1919.

Alla fine degli anni Venti il territorio disponeva di quattro centrali elettriche: "Larderello 1",

Castelnuovo Val di Cecina, Serrazzano, Lago Boracifero. Nel 1939 viene costruita la centrale di "Larderello 2".

La Seconda guerra mondiale distruggerà tutti gli impianti, e solo nel 1949 si completa la ricostruzione, mentre nel 1950 entrerà in esercizio la centrale di "Larderello 3".



Plastico del lagone coperto, conservato al Museo della Geotermia di Larderello.
Fonte: Archivio personale



Pozzo dimostrativo di Enel Green Power, che documenta la potenza dei getti di vapore (poi convogliati nei vapordotti).
Fonte: Archivio personale

I percorsi della geotermia

Il sistema di impianti per l'estrazione dell'energia geotermica, "i percorsi della geotermia", viene presentato non solo in termini di virtuoso utilizzo delle risorse e rispetto

dell'ambiente, ma anche per il particolare dialogo questo instaura con la morfologia del territorio in cui si inserisce.

Per ciò che riguarda il primo aspetto, infatti, ci troviamo di fronte ad una tecnologia che non ragiona in termini di "sfruttamento" del territorio, bensì di "coltivazione".

Le centrali geotermiche sono alimentate tramite il vapore che dal sottosuolo fuoriesce grazie ai "pozzi". Mantenere in "salute" i giacimenti vuol dire assicurare la sopravvivenza delle centrali geotermiche e quindi continuare ad avere energia elettrica pulita.

Il monitoraggio dello stato di salute avviene proprio tramite i pozzi; le attività che si svolgono su e per tramite di essi sono, oltre all'ovvia attività di produzione, anche l'attività di re-iniezione.

Questa consiste nel re-immettere nel sottosuolo acqua affinché la risorsa possa riprodursi, ma tale acqua non deve essere nuova bensì la stessa acqua di condensa del vapore proveniente da quel pozzo.

Le altre operazioni di monitoraggio consistono nel "controllo di campo", ovvero nel verificare la pressione e la temperatura del pozzo. Tutto questo insieme di operazioni permette di affermare che il processo geotermico è un processo di coltivazione.

Per ciò che riguarda il rispetto dell'ambiente, poi, le centrali geotermiche toscane lavorano sulla base di un brevetto Enel, l'AMIS (Abbattimento Mercurio e Idrogeno Solforato), il quale «consente di minimizzare le emissioni di alcuni componenti gassosi dalle centrali geotermoelettriche, riducendo di circa il 95% il mercurio rilasciato e di circa il 70-80%, a seconda delle caratteristiche del fluido geotermico, le emissioni di H₂S»³.



Vapordotti del Bacino di Larderello.
Fonte: Archivio personale



Torre di raffreddamento dell'impianto di Sasso Pisano.
Fonte: Archivio personale

Per cui si può dire che non solo la fonte è al 100% rinnovabile, ma che le emissioni sono praticamente pari a zero. Le 34 centrali geotermiche toscane sostengono il 30% del fabbisogno regionale e le province di Pisa, Siena e Grosseto sono praticamente autosufficienti; oltre agli usi domestici essi forniscono energia per il terziario (quali serre, caseifici, birrifici). Gli impianti di Larderello sono costituiti da 5 turbine, 65 pozzi e vapordotti che si estendono per una lunghezza complessiva di circa 500 Km su un'area di 1600 Km².

Essi colpiscono lo sguardo dell'osservatore poiché il loro passaggio e intreccio compone una vera e propria trama che, come ago e filo, disegna le pareti delle vallate, si inserisce fra i boschi, arriva nei centri abitati. Per la loro massiccia presenza sul paesaggio, tali elementi sono stati posti all'attenzione degli uffici tecnici dei vari Comuni interessati, che hanno a volte imposto il mascheramento dei tubi con vernici di colore verde, in altri casi, come per il Comune di Pomarance che ha elevato il sistema delle centrali e vapordotti a nuovo simbolo del

territorio, hanno voluto che essi fossero mantenuti del colore originario dell'acciaio di cui sono composti.



Vapordotto del Bacino di Larderello.
Fonte: Archivio personale

Note:

¹ La maggior parte delle informazioni che si trovano di seguito, la devo all'Ingegnere Massimiliano Santulli di Enel Green Power il quale mi ha accompagnato durante il sopralluogo a Larderello, al Museo della Geotermia, al pozzo dimostrativo e alla centrale Enel di Valle Secolo.

² Giovanni Ginori Conti in: Ginori Conti G., *La perforazione a Larderello e il «soffionissimo»*, Tip. G. Cencetti, Firenze, 1931, p. 43

³ Scheda di progetto del brevetto. Fonte: <http://premioinnovazione.legambiente.org/edizioni/2003/schede/95.html>.

Sulla stessa scheda si legge anche: «Le centrali geotermiche con ciclo a vapore diretto a condensazione rilasciano in atmosfera i gas incondensabili associati al vapore geotermico che le alimenta. Dal punto di vista ambientale i componenti di maggiore interesse contenuti nei gas incondensabili sono il mercurio (Hg) e l'idrogeno solforato (H₂S). In particolare l'H₂S crea disagi per l'elevata sensibilità olfattiva che l'uomo manifesta nei suoi confronti. Obiettivo dell'impianto AMIS è la minimizzazione delle emissioni di questi componenti in atmosfera. Il funzionamento dell'impianto si basa su tre step: 1) rimozione del mercurio presente nella corrente gassosa mediante assorbimento su un letto fisso di sorbente specifico, con rendimenti di oltre il 99%; 2) successiva conversione dell'H₂S a SO₂ mediante reazione di ossidazione selettiva ottenuta a bassa temperatura su letto catalitico; 3) assorbimento dell'anidride solforosa con acqua geotermica, grazie ai composti alcalini in essa naturalmente presenti, in una colonna a riempimento. La re-iniezione dell'acqua geotermica nel serbatoio profondo garantisce lo smaltimento dei prodotti di reazione senza contaminazioni di acque superficiali.»

Rimanendo ancora nell'ambito della produzione di energia, spostiamo lo sguardo approfondendo il tema che riguarda l'architettura delle centrali elettriche.

Dopo quindi aver illustrato in che modo alcuni tipi di infrastrutture per la produzione incidono maggiormente alla scala del territorio, nel presente capitolo si scende alla scala architettonica.

Obiettivo è analizzare in che modo l'architettura si è relazionata con la dimensione tecnica delle infrastrutture di generazione dell'energia, attraverso la presentazione di alcuni casi studio che hanno riguardato la progettazione di tali nodi di produzione.

Anche in questo caso l'arco temporale preso a riferimento è ampio, ma scandito in tre fasi, ciascuna delle quali corrisponde ad un tema di lettura e approccio all'argomento.

Si vedrà infatti, come nei primi quaranta anni (circa) del Novecento, la centrale elettrica sia stata intesa dai progettisti quale vero e proprio monumento della contemporaneità, per

incarnare lo spirito di una società rinnovata dallo sviluppo tecnologico.

Contemporaneamente comincia ad affermarsi una tendenza che si sarebbe progressivamente consolidata intorno agli anni Quaranta: la riduzione volumetrica in cui la monumentalità era presente solo come "effetto scenografico" piuttosto che questione di sostanza.

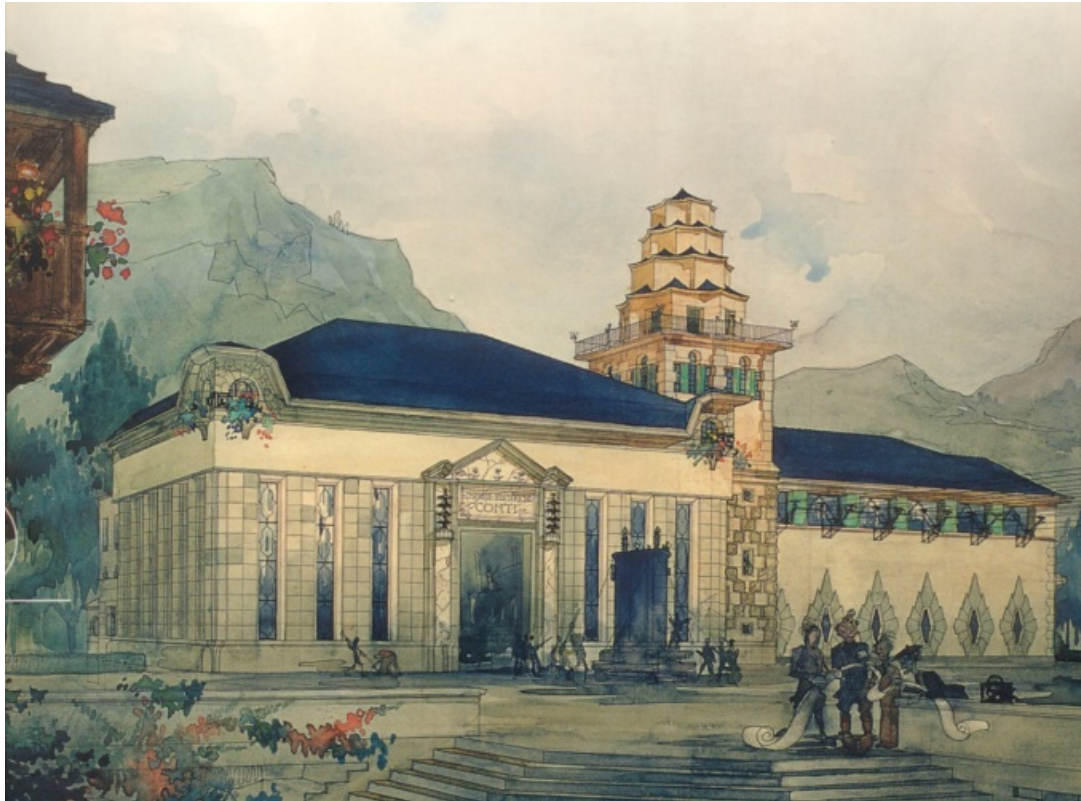
Proprio la particolarità e forza della ricerca italiana di questo periodo riguardo l'architettura degli edifici industriali è rappresentata dal continuo riferimento al linguaggio dei razionalismi europei e allo studio degli esempi di architetture estere, in particolare tedesche, prese come modello di riferimento.

Si può ipotizzare che la deriva di questo nuovo approccio abbia portato, a cominciare dagli anni '40 e '50 circa e fino ad oggi, a trattare l'edificio di produzione in modo esclusivamente funzionale. Si tratta ovviamente della tendenza *principale* che interessa i progetti delle centrali elettriche e che non vuole estinguere tutta la casistica degli stessi. Infatti sono ovviamente

riscontrabili progetti di qualità anche in questo periodo e in quelli successivi.

Infine, viene presentata la situazione della ricerca contemporanea, che è caratterizzata da una moltitudine di approcci al progetto architettonico di tali edifici.

Nel contesto attuale, infatti, è estremamente difficile individuare una univoca linea di pensiero, e per tale ragione saranno presentati progetti in grado di tratteggiare le diverse tematiche che riguardano la contemporanea architettura delle centrali (vedremo le "centrali miniaturizzate", quelle "mascherate", quelle "ibridate"), che vanno ad affiancarsi ad una questione che è invece di tipo pratico e riguarda il fine vita delle stesse (verranno quindi presentati i vari progetti per le "centrali dismesse").



3.1 Le centrali, monumenti dell'elettricità

80

Diversi sono gli approcci che hanno caratterizzato i risultati architettonici delle centrali elettriche costruite nel corso del XX secolo, poiché diversi erano gli atteggiamenti, la formazione, la sensibilità degli architetti che ne curavano il progetto.

Un dato però, che accomuna tutti i risultati che possiamo osservare dalla fine dell'Ottocento e fino alla metà del Novecento circa, e che emerge con forza, è il trattare questi edifici funzionali come nuovi monumenti della modernità, imponenti architetture che assumono il ruolo di "cattedrali" nel paesaggio, scenografie, piazze ... L'architettura delle centrali non è dunque univoca, ma lascia emergere diversi orientamenti progettuali: in alcune è forte la tendenza al revivalismo, all'eclettismo storicista, in altre spiccano chiari richiami al Liberty, molte volte presentano elementi di Monumentalismo e Neoclassicismo, in altre occasioni progettisti meno distanti dalle ricerche del contesto internazionale danno vita a centrali caratterizzate

dalle poetiche del Funzionalismo e del Razionalismo.

Sono però tutti edifici rappresentativi di un'epoca, di un sentimento di modernità e progresso, e costituiscono anche l'immagine simbolica delle aziende elettriche che commissionavano tali realizzazioni.

Società elettriche come la Edison, la SME, la Sade, la SIP ecc., affidavano i lavori di progettazione ai maggiori architetti di successo del periodo, stringendo legami spesso duraturi nel tempo. Fra questi basterà ricordare Gaetano Moretti, Piero Portaluppi, Giovanni Muzio, Duilio Torres, Gaetano Minnucci, Piero Bottoni e Gio Ponti, ...

Le centrali idroelettriche degli anni Ottanta dell'Ottocento furono edifici di piccole dimensioni, senza dignità architettonica.

Come spesso accade nei casi in cui è il progresso tecnologico a scatenare un cambio di paradigma formale e figurativo, a cavallo tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento il passaggio dalla corrente continua alla corrente

alternata generò una profonda rivoluzione estetica e culturale.

Infatti tale passaggio consentiva di produrre energia in un sito centrale per poi distribuirla verso zone di consumo via via sempre più distanti, come si vede nella parte IV relativa alla rete di trasmissione e distribuzione.

Nei primi anni del Novecento la logica prevalente era di ricorrere a linguaggi architettonici già in uso, per rendere più comprensibili e accettabili le nascenti centrali elettriche. L'architettura, specialmente in questi anni, assume il ruolo di *trait d'union* tra gli interventi ingegneristici dell'infrastruttura elettrica e l'ambiente sul quale incideva l'infrastruttura elettrica.

Negli ideali futuristi le centrali elettriche si imposero come «cattedrali della religione elettricità»¹, nuove architetture per una nuova città nascente. Il tema sarà affrontato in particolar modo da Antonio Sant'Elia per il quale la centrale elettrica si fa monumento e simbolo della fiorente società dei primi decenni del Novecento, e per cui l'elettricità si fa volano di

progresso e modernità. Per Filippo Tommaso Marinetti: «Nulla è più bello di una grande centrale elettrica ronzante, che contiene la pressione idraulica di una catena di monti e la forza elettrica di un vasto orizzonte, sintetizzata nei quadri marmorei di distribuzione, irti di contatori, di tastiere e di commutatori lucenti»².

Quando, in seguito, l'architettura si impose sull'ingegneria, le centrali si trasformarono in monumentali opere, con decorazioni e ornati possenti, maestose forme scenografiche. La qualità estetica diventa requisito di progetto per questi edifici funzionali e forte era l'esigenza di ricercare forme esteticamente valide per unire bellezza e modernità.

Tali aspirazioni vennero recepite e tradotte da parte degli architetti, i quali però, ripiegarono su stili già noti e che già erano applicati per gli edifici civili, quali l'atteggiamento eclettico, lo stile romanico, in accordo con le teorie espresse da Camillo Boito, per non entrare in disaccordo con la tradizione sia costruttiva che culturale dei luoghi di progetto.

Oltre all'influenza di Camillo Boito che incentivava l'utilizzo di materiali tradizionali e l'impiego dello stile romanico, vi erano gli esempi offerti dalle ricostruzioni di borghi e edifici in stile medievale, che seguivano le indicazioni del restauro scientifico; tali influenze portarono di certo ad architetture in cui erano chiari i riferimenti alle tipologie, tecniche costruttive e materiali locali, del "pittoresco" e del "romantico". Lo stile che veniva usato per le architetture civili semplicemente venne trasferito anche agli edifici funzionali e industriali, con l'obiettivo di mitigare il loro impatto sull'ambiente.

Con lo scopo di realizzare edifici in cui il contenuto e la forma procedessero di pari passo in un progetto equilibrato, era necessario che ingegneri e architetti si relazionassero: secondo una visione spiccatamente settoriale, di norma ai primi era affidata la progettazione degli edifici, mentre ai secondi il lavoro di decoro e ornamentazione. Nelle prime centrali idroelettriche i ruoli erano ben definiti per cui

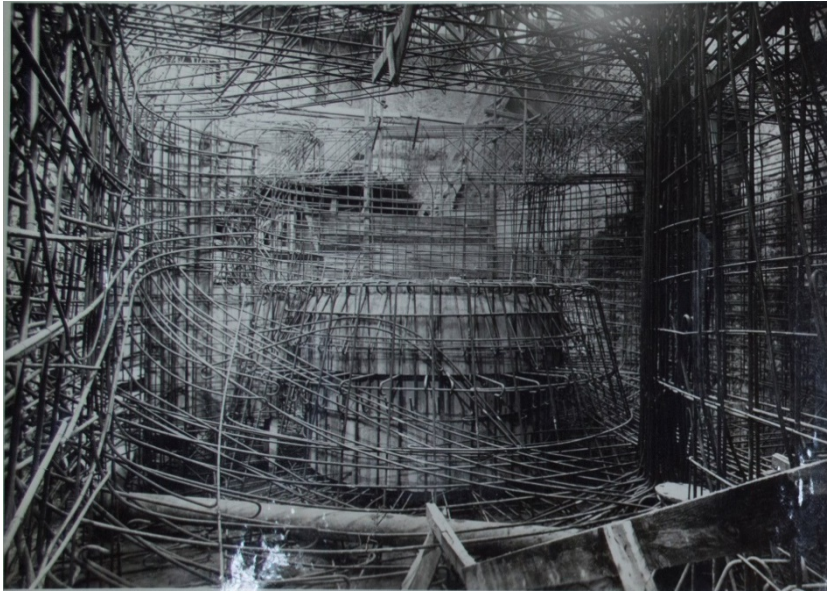
l'ingegnere si occupava dell'invaso impiantistico, mentre l'architetto dell'involucro.

Il dialogo instaurato agli inizi del Novecento impedì che gli ingegneri si chiudessero in un puro tecnicismo, e gli architetti in lavori esageratamente decorativisti. Tra i maggiori ingegneri che sono intervenuti con successo nella realizzazione di importanti progetti di centrali idroelettriche si ricordano in particolare Angelo Omodeo, responsabile della progettazione anche di grandiose opere idrauliche, Vincenzo Ferniani e Aristide Zenari.

In questo complesso quadro è impossibile individuare con chiarezza dei filoni di ricerca in quanto il recupero nostalgico del passato, la rilettura del Medioevo, l'artigianato, l'Eclettismo, il Classicismo convivono nelle varie centrali elettriche.

Queste divennero una vera e propria fucina di idee e sperimentazione e, seppure i risultati non portarono a invenzioni di nuovi modelli costruttivi, in esse vi si legge un chiaro sforzo e una chiara consapevolezza di voler trasmettere, magari

mediante linguaggi già noti, un senso di modernità, progresso e innovazione.



Centrale di Pontefiume – Armature in ferro prima della gettata del cemento per l'installazione del nuovo gruppo da 5000 kVA. Fonte: Archivio Storico Enel

Cesare Cipolletti, Centrale di Vizzola Ticino, 1901

Alcuni richiami all'antico erano presenti anche nell'impianto di Vizzola Ticino, progettata da Cesare Cipolletti e inaugurata nel 1901, la quale sarà poi oggetto di un rifacimento con la costruzione dell'attuale struttura ad opera di Giovanni Muzio nel 1937.

Fu su proposta dell'ingegner Cesare Cipolletti che si iniziarono a sfruttare i due maggiori fiumi del territorio milanese, l'Adda e il Ticino.

La centrale era alimentata da un canale industriale che si divideva in due rami: uno era destinato alla navigazione, l'altro arrivava alla centrale. Questo grandioso edificio non era l'unica opera a caratterizzare architettonicamente il complesso vi erano infatti il ponte-canale di 200 metri, il bacino di raccolta, le conche di navigazione e poi le condotte forzate, lo sfioratore ed infine la caratteristica facciata ad arcate che richiamava il tema degli antichi acquedotti romani.

Sul Corriere della Sera del 20 ottobre 1901 si legge: «Tutti i colossali lavori, dalle chiuse alle prese d'acqua che immettono nelle mostruose tubature nere scendenti alle turbine, sono stati visitati con una cura religiosa e un'attenzione che i profani non possano comprendere. [...] È quasi con un senso di terrore che si entra in quella che potrebbe dirsi la galleria della morte. Sopra ogni macchina è affisso un cartello che fa arretrare spaventati: Non toccate! 11.000 volt e un grande teschio vi è disegnato, simbolo per chi non sa leggere».

Gaetano Moretti, Centrale di Trezzo d'Adda, 1904-1905

Forse il capolavoro dell'architettura delle centrali è rappresentato dalla centrale di Trezzo d'Adda ad opera di Gaetano Moretti, realizzata tra il 1904 e il 1905.

Nominata "La casa della forza", sorge ai piedi del castello visconteo di Trezzo, e viene progettata per la parte tecnica e idraulica dagli ingegneri Adolfo Covi e Alessandro Taccani.

Sebbene Gaetano Moretti si fosse formato alla Scuola Speciale dell'Accademia di Brera diretta da Camillo Boito, in questa opera Moretti si stacca dalle leggi stilistiche tipiche del medievalismo del suo professore, per aprirsi invece alle influenze del clima culturale europeo. Infatti nella composizione, accanto a elementi orientaleggianti, medioevali, persino reminiscenze siriane ed egizie, si ritrovano motivi ispirati allo Jugendstil.



Cesare Cipolletti, Centrale di Vizzola Ticino, 1901 – Fronte del bacino e della centrale
Fonte: www.maremagnum.it

L'edificio si compone di una parte centrale, che ospita i locali dei quadri di comando, in cui vengono richiamate le forme del castello e da due ali laterali in stile Liberty. In una sono contenute le turbine dalle cui feritoie in origine uscivano i cavi, nell'altra è ospitata la centrale a vapore che serviva per integrare la produzione idroelettrica nei periodi di magra.

Quando Moretti decide di far coincidere alle dodici feritoie della facciata le dodici turbine interne, sembra mettere in atto la lezione boitiana della corrispondenza tra interno ed esterno, che in questo caso serve per saldare il legame tra opere ingegneristiche e opere architettoniche.

Il ritmo della facciata è dato da una giusta calibrazione fra pieni e vuoti, fra superfici lisce e ruvide, tra finestre a feritoia e finestre più ampie, in un gioco di rigore e fantasia.

La centrale si pone in pieno accordo con l'ambiente circostante lambendo delicatamente il fiume e appoggiandosi alla roccia retrostante mettendosi in dialogo con il castello posto alla

sua cima. Nel complesso la centrale risulta essere uno degli esempi più riusciti di architettura tecnica del periodo.

Aristide Zenari, Centrale Idroelettrica di Malnisio *Antonio Pitter*, 1905

Il primo decennio del Novecento fu un periodo interessato dall'abbondanza delle realizzazioni di centrali idroelettriche specialmente nel nord Italia. Oltre alla Lombardia, al Piemonte e alla Valle d'Aosta, le altre regioni interessate furono il Veneto e il Friuli per la ricchezza dei loro corsi d'acqua.

Gaetano Moretti, Centrale di Trezzo d'Adda, 1904-1905 – Canale di carico. Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



85

Gaetano Moretti, Centrale di Trezzo d'Adda, 1904-1905
Vista della centrale, alle spalle in castello.
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Nel 1900 venne costituita una apposita azienda la Società Italiana per l'Utilizzazione delle Forze Idrauliche del Veneto, il cui primo impianto fu proprio la centrale "Antonio Pitter".

Il progettista era l'ingegner Aristide Zenari il quale dà vita ad un edificio caratterizzato dalla semplicità delle forme e da un'architettura che contiene elementi oscillanti tra il rinascimentale e il romanico.

La facciata risulta scandita da ampie finestre ad arco a tutto sesto, intramezzate da lesene e sormontate da trifore e archetti pensili che richiamano il Romanico lombardo, forse riconducibile al rapporto tra il padre del Zenari con Camillo Boito. L'architettura è anche fortemente rappresentativa del carattere della società elettrica in cui intervenivano aristocrazia, proprietà terriera e capacità imprenditoriali.

Zenari fu un progettista attento anche alle esigenze dei lavoratori in quanto progettò alloggi dei dipendenti caratterizzate da condizioni di luce e igiene tali da rendere le condizioni lavorative più gradevoli.

Piero Portaluppi, Centrale di Verampio, 1907

Un altro architetto che seppe coniugare il dato estetico con quello funzionale delle centrali elettriche fu Piero Portaluppi, che dal 1913 al 1927 si occupò della progettazione di un sistema integrato di centrali e altre costruzioni in Val d'Ossola.

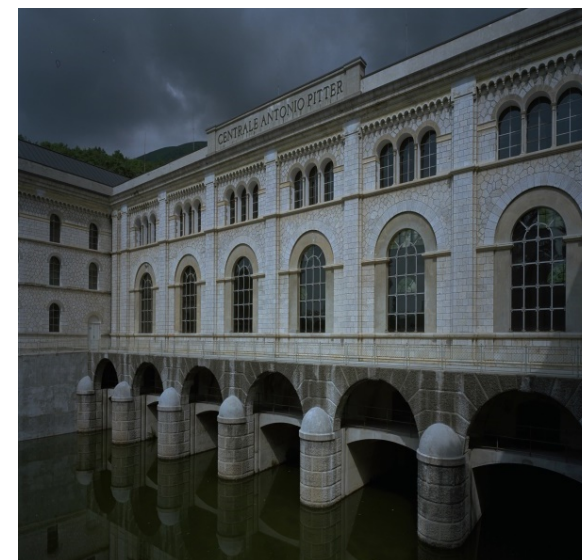
Egli fu allievo di Camillo Boito e Gaetano Moretti e dopo una iniziale fase medievalista e post-secessionista, quando iniziò a lavorare su commissione di Ettore Conti, proprietario delle Imprese Elettriche Conti, progettò una serie di centrali dagli stili diversi che dall'eclettismo sconfinavano quasi nella bizzarria.

A cominciare dagli anni Venti sviluppa un personale approccio ispirato ai caratteri della modernità dimostrando di conoscere bene il lessico delle avanguardie del periodo, ma rimanendo sempre attaccato a forti valori decorativi.

Le centrali progettate dal Portaluppi furono numerose, tra queste si ricordano la centrale di Crego, Baceno, Valdo, Sottofruga, Crevoldossola

Cadarese e ovviamente la centrale di Verampio.

Nella poetica dell'architetto queste centrali dovevano essere i nuovi centri per la sua idea di "città elettrica diffusa".



Aristide Zenari, Centrale Idroelettrica di Malnisio "Antonio Pitter", 1905 - Scorcio sulla centrale. In basso il bacino di carico, gli speroni dello sbarramento con le paratoie.
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

Per ciò che riguarda la centrale di Verampio, così dichiarerà Ettore Conti: «Grandi discussioni con Piero Portaluppi sull'architettura da adottare per la Centrale di Verampio. [...] voglio che [essa], anche esteriormente, affermi lo spirito che mi ha animato nella mia impresa. Naturalmente non dobbiamo legarci ad uno stile di epoche trascorse; neanche mi piacerebbe uno di quegli edifici oggi di moda, la cui semplicità di linea e preziosità di materiali male si addicono alla caratteristica dignità della valle: il materiale deve essere assolutamente locale, e non solo per ragioni di economia; dunque granito e beole, niente cotto e niente marmi. [...] Comunque sono sicuro che l'agile ingegno di Portaluppi saprà interpretare i miei desideri e concretarli in modo perfetto»³.

Nella sua prima centrale, quella di Verampio, egli dà vita ad una architettura originale in cui possiamo riconoscere un castello neoromanico, con torri loggiate, bifore, targhe, finte caditoie, richiami all'architettura cinese, e quante altre

decorazioni la fantasia e l'estro dell'architetto potevano suggerirgli.

Anche all'interno la sala macchine non era da meno, decorata con dipinti floreali, i pavimenti adornati da motivi geometrici, lumi dalle svariate fogge come quelle in ferro battuto.

Nel progettare le sue centrali Portaluppi era anche molto attento e consapevole dell'ambiente circostante, e nelle sue intenzioni le centrali dovevano essere mimetizzate con il paesaggio intorno, per questo motivo il suo personale approccio gli suggeriva di creare centrali "belle" in cui giocare con forme, materiali locali e colori, con gli stili del passato e con quelli a lui contemporanei.



Piero Portaluppi, Centrale di Verampio, 1907 -
Ettore Conti davanti alla centrale
www.storiadimilano.it



87

Piero Portaluppi, Centrale di Verampio, 1907 -
particolare. Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Piero Portaluppi, Centrale di Verampio, 1907 -
acquerello della centrale – Fonte: Basilico
Pisaturo A., *Tra Arte e Architettura*, Monografia
dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015

Vincenzo Ferniani, la Centrale di Basso Nove (1915) e la Centrale di Fadalto (1923)

La generazione elettrica del Veneto era interessata dal sistema idrico del Piave-Santa Croce, per una lunghezza di 1840 Km, sul quale fu possibile installare nove centrali tutte realizzate dalla Società Adriatica di Elettricità (SADE) e affidate alla progettazione dell'ingegnere Vincenzo Ferniani che ne curò la realizzazione dal 1911 al 1926.

Le centrali alimentate dal Piave erano diverse, quella di Fadalto, Nove, S. Floriano, Castelletto e Caneva ed in esse vi si potevano trovare caratteri tecnologici e sistemi ingegneristici tra i più avanzati del periodo.

Gli impianti di Fadalto e di Basso Nove erano collegati, in quanto l'acqua dall'impianto di Fadalto veniva scaricata nel Lago Morto e da questo, attraverso una galleria, giungeva alla centrale di Basso Nove.

In queste centrali Vincenzo Ferniani progetta le facciate secondo una successione di arcate, intervallate da lesene e trifore trabeate, dando



Vincenzo Ferniani, Centrale di Fadalto (1923) - Scorcio della vecchia centrale sul bacino.
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Vincenzo Ferniani, Centrale di Basso Nove, 1915 – Vista generale della centrale: in primo piano le acque del lago; sulla sinistra della centrale è visibile la stazione di trasformazione; sullo sfondo le condotte forzate che scendono dalla montagna ricoperta di boschi.
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

una decisa immagine monumentale dal carattere manierista e dimostrando anche la sua propensione per l'architettura. Inoltre la tecnica costruttiva delle centrali risultava innovativa per l'impiego di calcestruzzo e cemento armato.

Anche per ragioni di economia, in un primo tempo l'ingegnere Ferniani non si avvaleva dell'aiuto di disegnatori e anche in seguito supervisionò sempre attentamente ogni particolare del progetto, sia degli esterni che degli interni. In questi ultimi usava stucchi, rivestimenti e decorazioni riferite al tema dell'elettricità, lampade in ferro battuto e vetro di Murano, vetrate a piombo e tutto quanto potesse concorrere ad elevare le sue architetture e renderle delle opere al pari di quelle di Moretti e Portaluppi.

Cesare Bazzani, Centrale di Galleto, 1928

Nelle centrali del centro Italia, in particolare dell'Umbria e del Lazio, troviamo altri esempi di rilievo di come venisse affrontato il tema dell'estetica applicata all'architettura degli edifici tecnici, attraverso le opere di due figure di spicco

dell'architettura del periodo: Cesare Bazzani e Gaetano Minnucci. Nei loro interventi emerge sempre la tensione tra classicismo e funzionalismo, e offrono una differente visione dell'approccio al tema oggetto di analisi.

Con la sua retorica monumentale che testimonia la distanza dai nuovi linguaggi contemporanei, Bazzani veicola attraverso la centrale di Galleto le istanze della Società Terni che gli commissiona l'opera; per queste ragioni ritroviamo elementi tradizionalisti, appartenenti al repertorio classico monumentale, scenografico e fastoso, impiegati nello sforzo di nascondere il più possibile l'aspetto funzionale della centrale e intendendola di più come tempio sacro della tecnica, di cui le semicolonne di ordine gigante che scandiscono il ritmo della facciata sono testimonianza.



Cesare Bazzani, Centrale di Galleto, 1928 –
Vista generale della centrale.

Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Cesare Bazzani, Centrale di Galleto, 1928 –
Vista del gruppo generatore all'interno della sala macchine. Sullo sfondo le ampie vetrate della sala.

Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

Giovanni Muzio, Centrale di Vizzola Ticino (nuova centrale), 1937

Nel 1937 la centrale subì dei lavori di rifacimento che portarono alla costruzione della centrale come la possiamo vedere oggi. Questi lavori vennero affidati agli ingegneri Giulio Gentile e Riccardo Noeli Rinaldi per la parte idraulica, e a Giovanni Muzio per ciò che riguarda la parte architettonica, che doveva riguardare la progettazione di un impianto dove estetica e funzionalità corressero di pari passo e in cui gli impianti preesistenti fossero inglobati in maniera organica nel nuovo complesso.

Ciò a cui giunse Muzio fu un'architettura dai caratteri innovativi, che colpiscono molto anche i suoi contemporanei, e che si articola in una grande aula centrale con finestre a tutta altezza e disposte in sequenza. Nella parte più alta dell'aula, vi è poi una finestratura che corre

lungo tutto il ballatoio, dotata di aperture elettriche che consentivano di aprirla con facilità e così permettere la fuoriuscita dell'aria di raffreddamento. Nell'organismo architettonico realizzato, il dato funzionale convive con il dato estetico che innerva la struttura e il contesto circostante.



Giovanni Muzio, Centrale di Vizzola Ticino (nuova centrale), 1937 - Scorcio del lato ovest della centrale. In primo piano il canale di scarico. Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Giovanni Muzio, Centrale di Vizzola Ticino (nuova centrale), 1937 - Scorcio del lato ovest della centrale. In primo piano il canale di scarico. Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Giovanni Muzio, Centrale di Vizzola Ticino (nuova centrale), 1937 - Scorcio sul canale di scarico: "Sifone Gregotti". Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

Antonio Sant'Elia: la centrale elettrica come monumento e simbolo

La centrale elettrica diviene, specialmente nei primi decenni del Novecento come abbiamo visto, la nuova tipologia con cui molti dei maggiori architetti del periodo desideravano cimentarsi.

È un'architettura nuova, ma trattata spesso volte con gli stilemi del passato, con cui venivano trattate anche tutte le altre architetture, seguendo il gusto e i linguaggi del tempo.

Antonio Sant'Elia in questo contesto si pone come una voce fuori dal coro.

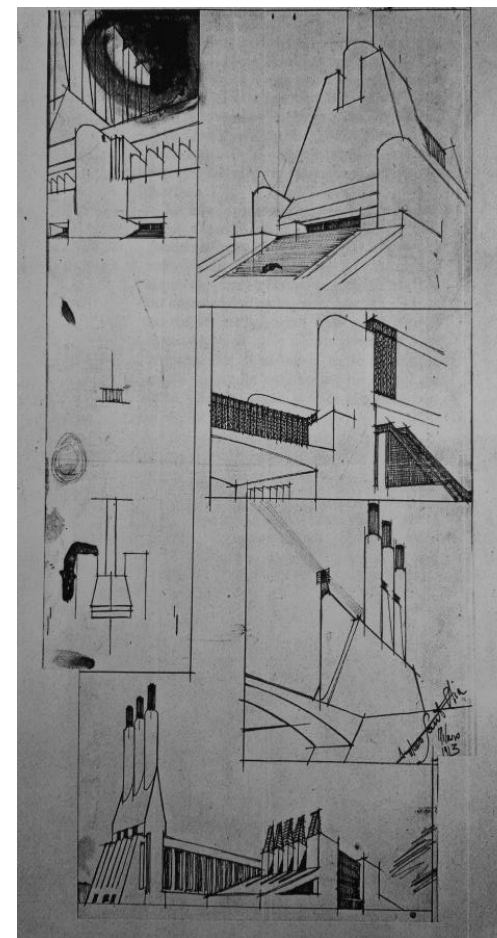
L'architetto comasco ci lascia una sconfinata produzione di disegni della sua "città ideale", formata da architetture moderne, fatte di materiali nuovi per nuove architetture, una città in cui l'elettricità, l'industria, la velocità sono i nuovi cardini da cui trarre la sua forma e la sua funzione, a misura di uomo moderno. Sono città in cui le "cattedrali della religione elettricità" si sarebbero imposte. Dal punto di vista figurativo egli propone immagini di architetture enormi, eleganti, favolose, che nascono

dall'osservazione delle architetture monumentali della Secessione, sebbene al limite del fantasioso e dell'utopico.

Di sicuro vi sono anche sollecitazioni che provengono dall'osservazione della realtà intorno a lui, di una Milano che cresce sotto la spinta dell'industria e della rivoluzione tecnologica, e che lo porteranno a ideare ipotesi di nuovi insediamenti produttivi e di edifici più funzionali.

In tale contesto dà vita ad elementi architettonici sempre più semplificati, rivolgendosi alle tecnologie costruttive più avanzate come il ferro, il cemento e il vetro.

Sebbene contrario al monumentalismo, come dichiarato nel Manifesto *L'architettura futurista* da lui redatto nel 1914⁴, in realtà le sue architetture per le centrali elettriche sono edifici assai monumentali. La particolarità del suo approccio sta proprio nel saper coniugare il monumentalismo con i nuovi linguaggi della modernità. Sant'Elia fissa i termini di un nuovo gusto in architettura, distante dal decorativismo



Antonio Sant'Elia, *Studi architettonici*, 1913.
Fonte: Calvesi M., *Il Futurismo. La fusione della vita nell'arte*, Fratelli Fabbri Editori, Milano, 1977

ottocentesco e tutto teso alla ricerca di nuove possibilità costruttive relazionate anche ai nuovi materiali.

«Dopo il '700 non è più esistita nessuna architettura. Un balordo miscuglio dei più vari elementi di stile, usato a mascherare lo scheletro della casa moderna, è chiamato architettura moderna. La bellezza nuova del cemento e del ferro viene profanata con la sovrapposizione di carnevalesche incrostazioni decorative che non sono giustificate né dalle necessità costruttive, né dal nostro gusto e traggono origine dalle antichità egiziana, indiana o bizantina, e da quello sbalorditivo fiorire di idiozie e di impotenza che prese il nome di Neoclassicismo. [...] I giovani architetti italiani [...] sfoggiano i loro talenti nei quartieri nuovi delle nostre città, ove una gioconda insalata di colonnine ogivali, di foglione seicentesche, di archi acuti gotici, di pilastri egiziani, di volute rococò, di putti quattrocenteschi, di cariatidi rigonfie, tien luogo, seriamente, di stile, ed arieggia con presunzione al monumentale»⁵.



Antonio Sant'Elia, *Studio per condotte forzate*, 1913
Fonte: www.antoniosantelia.org



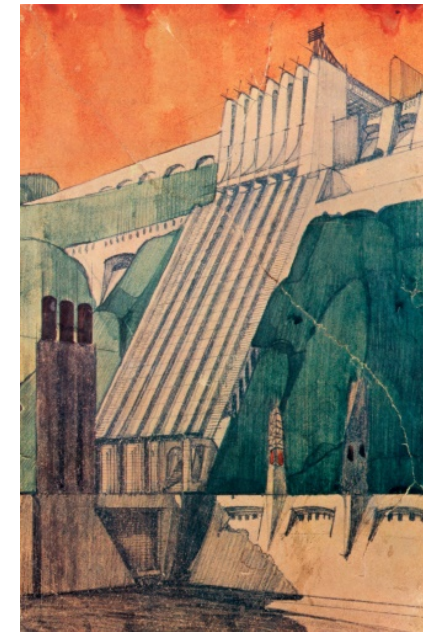
Antonio Sant'Elia, *Centrale elettrica*, 1913.
Fonte: www.antoniosantelia.org

Sant'Elia dà invece vita a tutta una serie di disegni in cui appaiono volumi che non hanno alcuna destinazione funzionale, ma dalla quale scompaiono tutte le mascherature decorative che lasciano il posto a pilastri, contrafforti, intelaiature, torri cilindriche o rettangolari, e altre figure geometriche essenziali.

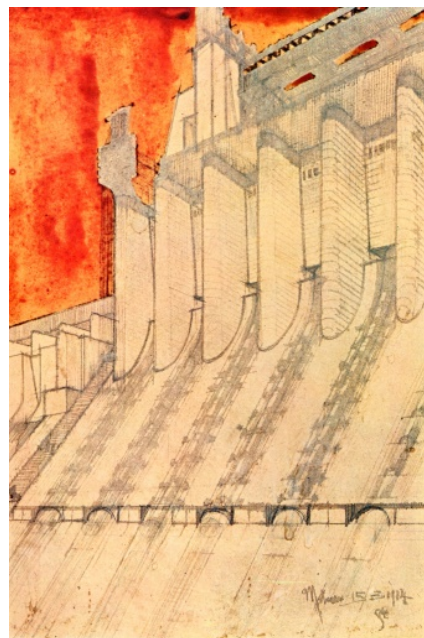
Con il procedere delle sue ricerche tali figure inizieranno a prendere la forma di progetti urbani, di porzioni di città moderne, ipotesi di case, hangar, ponti, teatri e centrali elettriche in particolare.

Queste ultime sono significative per l'esplicita volontà di liberarle da qualunque involucro che possa nascondere la loro vera funzione e il loro uso pratico.

La centrale elettrica in Antonio Sant'Elia si fa dunque monumento e simbolo della nuova società nascente, della modernità incarnata dalle nuove scoperte scientifiche, divenendo il centro di una metropoli del futuro governata dall'energia elettrica.



Antonio Sant'Elia, *Centrale elettrica*, 1914



Antonio Sant'Elia, *Studio per centrale elettrica*, 1914

Antonio Sant'Elia, *Prospettiva di una diga*, 1914

Note:

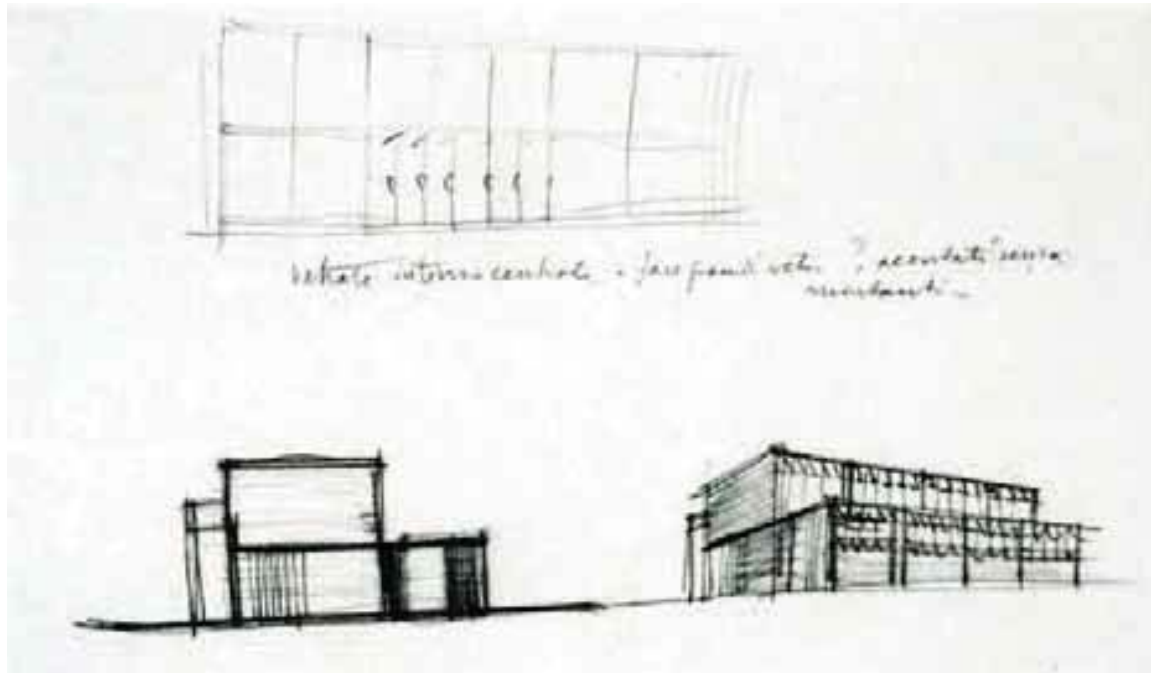
¹ Citato da Antonella Basilico Pisaturo, *L'età dell'energia*, Vol. 12 – *Tra Arte e Architettura*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015, p. 50

² Marinetti F.T., Manifesto futurista *Lo splendore geometrico e meccanico e la sensibilità numerica*, Direzione del Movimento Futurista, Milano, 18 marzo 1914

³ Citato da Antonella Basilico Pisaturo, *L'età dell'energia*, Vol. 12 – *Tra Arte e Architettura*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015, p. 68

⁴ «IO COMBATTO E DISPREZZO [...] 2. Tutta l'architettura classica solenne, ieratica, scenografica, decorativa, monumentale, leggiadra, piacevole»

⁵ Sant'Elia A., Manifesto *L'architettura futurista*, 1914



3.2 Dal monumento all'edificio razionale

96

Gaetano Minnucci, schizzo della centrale di Nazzano

Fonte: Basilio Pisaturo A., *Tra Arte e Architettura*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015.

Nel tracciare questo percorso relativo all'architettura delle centrali non si può non tenere conto di come alcune vicende e tappe della storia del nostro Paese abbiano influenzato anche la produzione architettonica in questo settore.

La fase più feconda delle realizzazioni di centrali idroelettriche si è avuta nel periodo tra le due guerre. Dal secondo dopoguerra e fino agli anni Cinquanta si è assistito ad una ultima fase di espansione, alla quale è poi seguita una fase di interruzione della costruzione di nuovi impianti idroelettrici. La causa è da far risalire da un progressivo esaurirsi della risorsa idrica.

Finito dunque il periodo del monumentalismo, verso gli anni Quaranta e Cinquanta si apre la strada ad una semplificazione del linguaggio e delle forme, che in Ponti come in altri sensibili architetti o ingegneri a lui contemporanei, conserva ancora i caratteri del monumentalismo, sebbene rivisitato, unitamente ad una ricerca

della qualità architettonica e di inserimento paesaggistico. In altri, invece, prenderà la deriva dell'oggetto esclusivamente funzionale fedele solamente a se stesso e alle logiche di economicità e rapidità di costruzione.

A partire dagli anni '40 assistiamo alla crisi energetica e alla conseguente diversificazione delle fonti per la produzione di energia: si registra un più frequente ricorso alle fonti combustibili e a quelle alternative.

Si preferisce quindi non realizzare nuovi impianti idroelettrici e quelli preesistenti subiscono quasi esclusivamente operazioni di manutenzione e adeguamento, anche per ragioni di sicurezza.

Conseguenza di ciò è il progressivo esaurirsi della ricerca applicata agli impianti idroelettrici, prediligendo la costruzione di nuovi impianti termoelettrici. Questi continuano a porre problemi di impatto ambientale, poiché sono organizzati in pochi grandi nodi di produzione localizzati in maniera puntuale e estranei al

territorio. In aggiunta a tutto questo si registra nel più ampio ambito architettonico un indirizzo linguistico tendente alla riduzione e semplificazione delle forme.

La difficoltà di un approccio integrato tra architettura e ingegneria - riscontrabile ancora oggi - può forse trovare le proprie radici in quegli anni. Se sul fronte della sensibilità nei confronti della tutela del paesaggio e di una progettazione attenta ai valori ambientali si diffonde una forte presa di consapevolezza, invece per ciò che riguarda la ricerca di qualità architettonica si registra un progressivo appiattimento.

Al medesimo scenario descritto si può ricondurre anche lo "scollamento" tra la progettazione delle infrastrutture e il progetto architettonico e urbanistico; senza dimenticare anche la questione del rapporto tra le infrastrutture e i contesti in cui si inseriscono.

Il funzionalismo di Gaetano Minnucci nelle centrali elettriche sul Tevere, 1948-1959

Un differente approccio rispetto al Bazzani lo ritroviamo nelle centrali progettate dall'ingegnere Gaetano Minnucci, che per circa dieci anni, dal 1948 al 1959 progetta tre grandi impianti sul Tevere: la centrale di Castel Giubileo, la centrale di Nazzano e la centrale di Ponte Felice.

I progetti denunciano un notevole impegno tecnico – nel caso di Castel Giubileo e Nazzano i progetti prevedono la realizzazione anche di uno sbarramento e sono curati dall'ufficio tecnico della SIT – Società Idroelettrica Tevere, la quale coinvolge Minnucci per la parte architettonica.

Dal canto suo Minnucci, attento conoscitore dell'architettura nordeuropea, era fortemente convinto dell'impossibilità di scindere architettura e tecnica costruttiva, posizione che sosterrà durante il dibattito sui temi dell'architettura moderna che si stava svolgendo in quel periodo.

Fu proprio Minnucci a lanciare il tema de *L'architettura e l'estetica degli edifici industriali*, già nel 1926 sulla rivista «Architettura e Arti Decorative», influenzato in questo, come detto,

dai vari razionalismi europei, in cui spronava a ricercare un linguaggio proprio del tempo, nella consapevolezza di vivere una presente fortemente influenzato dalla *civilisation machiniste*.

Tale presa di coscienza conviveva (e si scontrava) con le contemporanee realizzazioni di alcuni suoi colleghi, come la centrale di Crevola di Piero Portaluppi, ad esempio.

Pertanto per Minnucci, non poteva esservi commissione più adeguata ai suoi interessi e capacità, della realizzazione di impianti idroelettrici, che furono l'occasione per mettere in atto le più moderne istanze architettoniche sul tema, che egli fa derivare anche da un attento studio su analoghi impianti di più recente costruzione a livello internazionale.

Per questo motivo nei suoi progetti si trovano i materiali più innovativi quali cemento armato, vetro, acciaio.

Subito chiara dunque la sua scelta di campo quando approccia al tema delle centrali

elettriche: «Impossibile, oggi, l'adozione di elementi architettonici di altri tempi che dall'architettura aulica del palazzo e del monumento vengono trasferiti alle "pareti" o più ancora all'"epidermide" di un edificio industriale»¹.

La centrale di Castel Giubileo è la trasposizione concreta del suo modo di intendere l'architettura per edifici industriali, a proposito di questo progetto egli pensò a «realizzare una forma plastica espressiva della sua funzione e ad essa integralmente aderente avvalendosi unicamente dell'organismo strutturale e del valore espressivo dei materiali impiegati: cemento armato, vetro, laterizio, alluminio e ferro»². Nel complesso la centrale è assimilabile ad un'opera d'arte che prendeva però vita dall'esattezza tecnica derivante da una profonda conoscenza dei materiali e della scienza delle costruzioni.

Negli anni di queste ricerche, Minnucci studia e sperimenta nuove combinazioni dell'assetto planimetrico passando dallo schema di Castel

Giubileo in cui sala macchine e servizi sono dislocati in due edifici separati, a quella di Nazzano dove mette in campo soluzioni maggiormente aggiornate che prevedono una organizzazione più razionale in cui turbine, alternatori e quadro elettrico si trovano insieme in un unico edificio.

In tutte e tre le centrali la funzionalità dell'edificio è sottolineata dalla struttura a vista, un'ossatura di cemento armato che scandisce il ritmo della facciata alternando vetrate trasparenti e superfici traslucide a parti in muratura intonacata o in laterizi.

Il carattere sperimentale delle centrali si ritrova anche negli interni dove Minnucci studia soluzioni relative ad una corretta illuminazione, ventilazione e allo studio dei colori arrivando a proporre differenti effetti cromatici in relazione ai vari ambienti.



Gaetano Minnucci, Centrale di Castel Giubileo, 1948-1950



Gaetano Minnucci, Centrale di Nazzano, 1953-1955 – Vista da valle dello sbarramento.
Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

«Protagonista Elettricità», le centrali di Gio Ponti

«Avete mai considerato il singolare fattore metafisico, direi concretamente metafisico, cioè usuale (concreto) e tuttavia al di là di una percezione fisica, che l'elettricità ha introdotto nella nostra vita? nel nostro costume? [...]

con l'elettricità tutto si cambia: essa non si vede, non si sente, non si misura da noi stessi, ma solo con la mediazione di apparecchi, non si sa se è tanta o poca, fa scintille senza corpo, corre inavvertibilmente lungo i fili, può ustionare senza fiamma, uccide anche, ed infine, muove senza sforzi percepibili dei meccanismi in modo sensualmente incomprensibile, esiste senza essere sostanza e la si capta o genera per misteriose frizioni»³.

Così Gio Ponti scrive e prova a descrivere l'elettricità nella sua opera *Amate l'Architettura*, e così nei suoi progetti di centrali elettriche cercherà di rendere visibile l'invisibile, ma mantenendo i caratteri metafisici di questa

“materia” impalpabile in edifici leggeri, trasparenti, luminosi, vibranti.

Le suggestioni progettuali di Ponti non derivano certamente solo dal dato poetico, ma si saldano alle esigenze della realtà a lui contemporanea. Quando tra il secondo dopoguerra e gli anni Cinquanta si fa strada la consapevolezza di quanto il fattore energetico sarebbe stato importante per il progresso del Paese, contemporaneamente si accentua il problema ambientale di cui progettisti come Ponti, Muzio e Lancia, si prendono in qualche modo la responsabilità. Ed ecco comparire progetti in cui l'accordo con i luoghi e l'ambiente circostante diventa requisito indispensabile per il progetto, che deve mimetizzarsi e farsi parte della natura. La semplificazione linguistica e l'uso delle trasparenze, sono i due strumenti principali delle architetture per le centrali elettriche realizzate da Gio Ponti.



Gio Ponti, Centrale di Cimego, 1956
Scorcio della centrale. Sulla sinistra lo sviluppo della condotta forzata circondata dal bosco. In basso la sala macchine, le celle dei trasformatori, la palazzina della centrale e la stazione elettrica di trasformazione.

Fonte: Archivio Fotografico Enelikon



Gio Ponti, Centrale di Porto Torre, 1955
Scorcio prospettico della traversa di sbarramento sul Ticino, con i comandi delle paratoie di regolazione. Sullo sfondo la centrale.

Fonte: Archivio Fotografico Enelikon

Egli fu impegnato in numerosi progetti per le centrali fra cui quella di Cimego, di Santa Giustina, di Gordona, di Prestone, di Cedegolo, Porte Torre.

In una fase preliminare la centrale di Cimego, ad opera dello studio Ponti, Fornaroli, Rosselli, prevedeva un grande corpo trasparente, intervallato da una serie di setti verticali con un volume più piccolo sul fronte disposto su palafitte. Il rapporto tra la forma e la funzione era dato da un disegno essenziale, e da un attento studio sulle vetrate per consentire l'ingresso della luce.

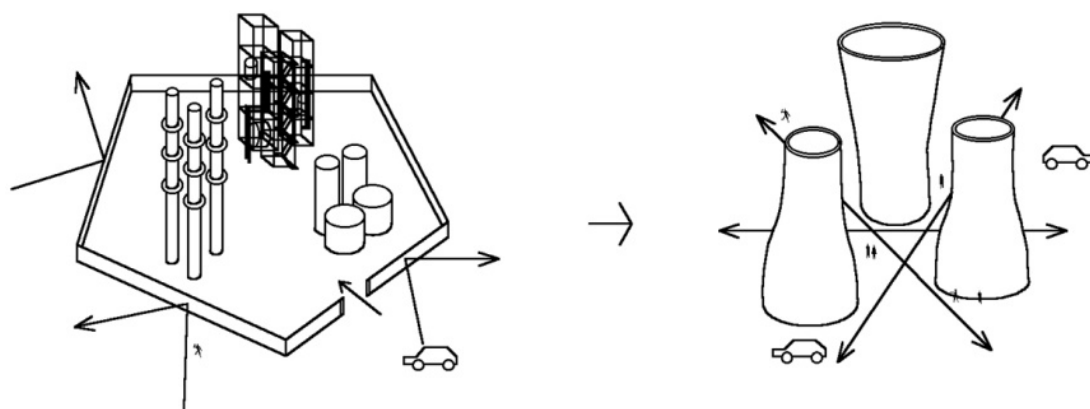
Questa centrale, come le altre, instaura un rapporto con il paesaggio attraverso la redazione di una "architettura per la montagna" articolata in un discorso di forme nuove, di decorazioni assenti, di superfici lisce, e di volumi inseriti nel paesaggio senza mai sovrastarlo.

Note:

¹ Citato da Rosalia Vittorini, *L'architettura delle centrali tra Classicismo e Funzionalismo* in: Pavia R. (a cura di), *Paesaggi elettrici. Territori, architetture, culture*, Marsilio Editori, Venezia, 1998, p. 190

² Citato da Rosalia Vittorini, *L'architettura delle centrali tra Classicismo e Funzionalismo* in: Pavia R. (a cura di), *Paesaggi elettrici. Territori, architetture, culture*, Marsilio Editori, Venezia, 1998, p. 190

³ Gio Ponti, *Protagonista elettricità* in *Amate l'Architettura*, pp.205-209



3.3 La ricerca contemporanea

104

NL Architects, *Plant of the Future*, Hoogvliet, Rotterdam, 2002 – diagramma
 Immagine per gentile concessione di NL Architects

Dopo aver tracciato un profilo delle varie modalità con cui è stato affrontato il tema della progettazione delle architetture dell'energia, si ritiene utile presentare i risultati progettuali più attuali.

Si faranno emergere i nuovi valori figurativi in essi espressi, indipendentemente se si tratti di progetti realizzati oppure rimasti solo su carta.

Contrariamente ai risultati passati che ci hanno restituito fondamentalmente l'idea di una centrale come monumento, di un edificio tecnico come simbolo ed espressione orgogliosa del progresso di una società, oggi ci troviamo invece di fronte ad un panorama variegato in cui è impossibile individuare una sola categoria.

Ho dunque individuato delle categorie di progetti che possono delineare un profilo delle attuali tendenze di approccio e di ricerca architettonica per ciò che riguarda l'architettura delle centrali di produzione e dei suoi sottosistemi.

Assistiamo ad esempio al passaggio verso degli impianti via via di minori dimensioni, quelle che ho definito le "centrali miniaturizzate": sono nuovi

nodi di rinnovate reti elettriche, ma che hanno anche il potere di schiudere nuovi scenari urbani, nuove tipologie spaziali nei contesti abitati.

Nella categoria "centrali mascherate" rientrano tutti quegli interventi in cui l'architettura gioca il solo ruolo di involucro, di maschera estetica di un manufatto tecnico che copre e avvolge.

Vi sono poi progetti, che ho definito come "centrali ibridate": dimostrano la possibile convivenza con gli impianti di produzione, se a questi vengono integrate altre funzioni maggiormente aperte al pubblico.

Il presente contributo non può non occuparsi, infine, di ciò che accade quando una centrale elettrica arriva al suo fine vita, mostrando i diversi approcci progettuali alla questione del "dopo".

Le centrali miniaturizzate

Con il termine “centrali miniaturizzate” si fa riferimento alla attuale tendenza verso una riduzione in termini dimensionali di opere che tradizionalmente hanno dimensioni molto importanti.

Ad una diminuzione delle dimensioni, però, corrisponde anche un diverso dato funzionale. Questi “piccoli” manufatti riducono la propria grandezza in virtù di un cambio di paradigma che interessa in maniera più ampia l'intera infrastruttura elettrica. Queste centrali, infatti, sono in grado di produrre energia alla scala locale, sono ben inserite nei contesti urbani anche consolidati e rispondono al fabbisogno di piccole e medie comunità.

A livello figurativo e di impatto sulla morfologia urbana, si potrebbe anche azzardare che essi generino una nuova tipologia urbana, ma più di tutto sono opere in grado di intessere delle relazioni reciproche con il contesto circostante. Un contesto che, inoltre, offre le fonti che

alimentano questi nodi i quali le restituiscono sotto forma di energia elettrica generando in questo modo un circolo virtuoso.

Nel primo caso studio proposto, la Centrale Idroelettrica a Kempten, il fiume Iller che scorre nel centro urbano alimenta la centrale, mentre nella Centrale a Biomasse di Matteo Thun questa è situata appena ai margini del villaggio in un'ampia zona coltivata che produce il materiale organico per la centrale stessa.

In questo genere di interventi quasi si perde, o comunque si fa più labile, la distinzione tra generazione di energia, distribuzione, e utenti finali.

Queste opere tecniche sono anche talvolta in grado di generare nuovi spazi pubblici, poiché spesso pensati per essere attraversati da *promenade* o accogliere aree per la sosta.



Becker Architekten, Centrale Idroelettrica, Kempten, Germania, 2010 – vista della centrale
Fonte: www.becker-architekten.net

Becker Architekten, Centrale Idroelettrica a Kempten, Germania, 2010

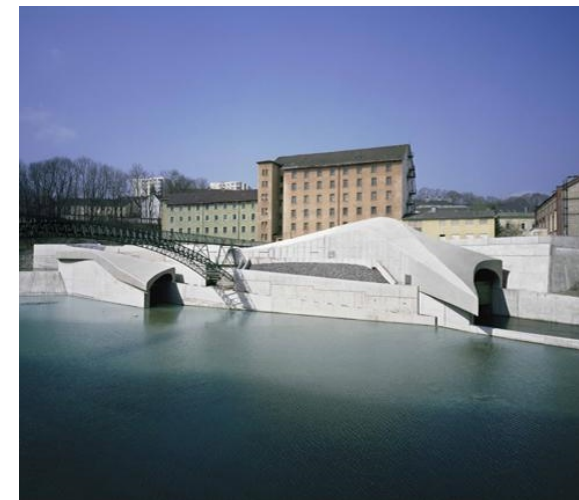
La piccola centrale idroelettrica progettata da Becker Architekten nella città di Kempten, si discosta dall'immaginario comune di centrale idroelettrica cui siamo abituati: si è infatti soliti pensare a questa come a una struttura dalle grandi dimensioni posta in zone industriali staccate dai contesti urbani. Lo studio di architettura tedesco, invece, progetta questa piccola *power station* lungo il fiume Iller, nel centro di Kempten.

La nuova centrale, nata in seguito alla necessità di sostituire il precedente impianto degli anni '50, è dotata di passerelle e percorsi fruibili dagli abitanti, testimoniando la riuscita operazione di integrazione, di "innesto", di impianti produttivi all'interno dei centri urbani, anche consolidati, e del progressivo affermarsi della tendenza che sempre di più vede le infrastrutture come nuovi elementi in grado di disegnare e conferire valore ai luoghi.

Questo progetto, inoltre, testimonia di come si possa produrre energia sufficiente a soddisfare il bisogno anche di grandi comunità - in questo caso la centrale è in grado di fornire energia elettrica per circa 3000 famiglie, con un totale di 10,5 milioni di kilowattora di energia annui - e ciò ci suggerisce la possibilità di intraprendere con successo una strada che porti verso una serie di impianti di più piccole dimensioni rispetto al passato, non più centralizzati, ma capillarmente diffusi in grado di incidere profondamente sullo sviluppo della città e del territorio.

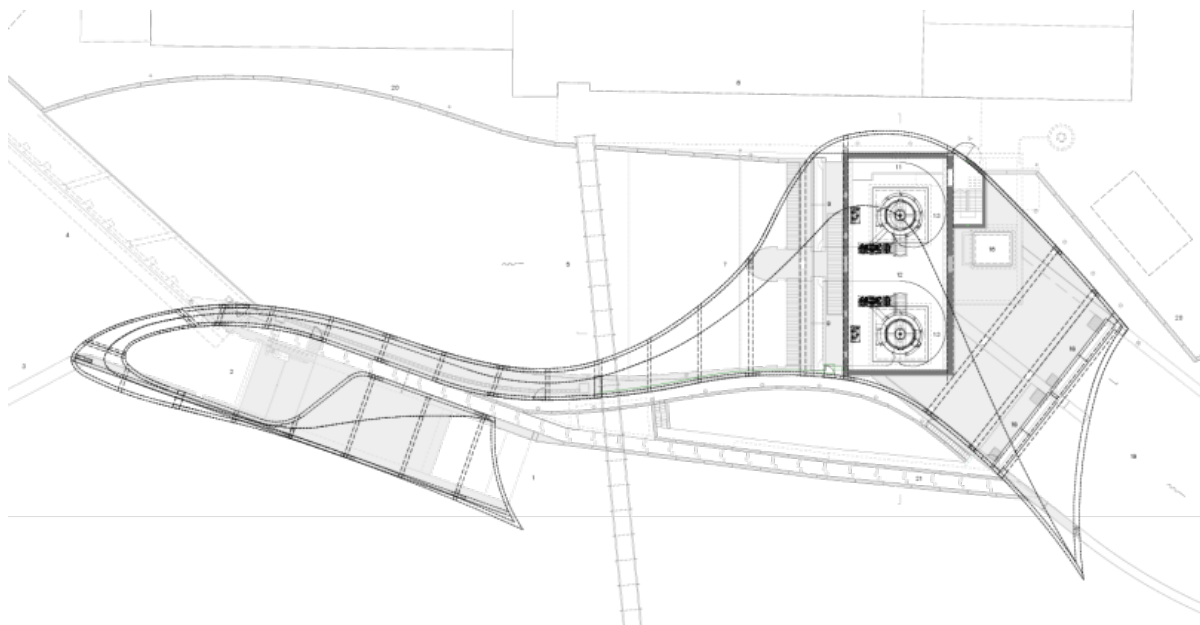
Questo tipo di risultati, in altre parole, è un ulteriore testimone del cambio di paradigma che sta investendo le opere tecniche di produzione dell'energia elettrica, che ragiona sempre meno su una struttura gerarchizzata che dal grande impianto arriva nella città e sempre più su una serie di "micro" impianti per una produzione anche locale di energia che possa integrare la

Becker Architekten, *Centrale Idroelettrica*, Kempten, Germania, 2010 – vista della centrale
Fonte: www.becker-architekten.net



rete esistente, che dunque ne risulta potenziata, oppure procedere parallelamente ad essa.

Questi nuovi elementi possono svolgere anche un importante ruolo di monitoraggio degli elementi ambientali, in questo caso di un corso d'acqua (per indicare, ad esempio il livello e l'abbondanza dell'acqua), che diviene tanto più importante quanto più vicino o all'intero di aree urbane.



Becker Architekten, *Centrale Idroelettrica*, Kempten, Germania, 2010 108

– pianta

Fonte: www.architecturetoday.co.uk



Becker Architekten, *Centrale Idroelettrica*, Kempten, Germania, 2010 – percorsi pedonali

Fonte: www.becker-architekten.net

Becker Architekten, *Centrale Idroelettrica*, Kempten, Germania, 2010 – vista dell'interno

Fonte: www.becker-architekten.net

Matteo Thun & Partners, Centrale a biomasse, Schwendi, Germania, 2006-2008

L'impianto a biomasse progettato da Matteo Thun consta di due parti: un capannone-pensilina che corre parallelo al pendio sul quale si trovano le case del centro abitato di Schwendi, e la centrale vera e propria definita come un "cubo di vetro".

Il sito su cui sorge l'impianto è ai margini del centro cittadino, molto vicino ad esso, circondato da campagna e verde, in modo da essere vicino sia agli utenti che l'impianto serve, sia ai campi in cui viene appunto coltivata la biomassa necessaria alla centrale.

Nel capannone vengono stoccati e mescolati i materiali organici che sono la fonte per produrre energia, i quali vengono poi trasportati mediante un binario mobile sotterraneo al "cubo di vetro" dove avviene la combustione.

L'impianto provvede a fornire calore e elettricità alla segheria, al vicino ospedale e a 1.450 nuclei famigliari residenti nella cittadina, per mezzo di macchine che lavorano secondo il "Ciclo Organico Rankine".

La centrale è una scatola di vetro di forma cubica, attorno alla quale gira una sorta di "schermo" circolare formato da una intersezione di assi di larice, che servono da un lato a dare ombra al "cubo" e dall'altro a donare contrasto, mitigando attraverso l'utilizzo del legno (trattato in modo tale da non assorbire umidità e mantenere il suo naturale colore bruno-rossastro), la freddezza artificiale del vetro del cubo.

L'architettura della centrale rende questa opera una traccia all'interno del paesaggio e si configura come testimonianza di una possibile strategia di intervento per progetti simili a questo, dimostrando un equilibrio notevole tra natura e tecnica.

In questo progetto si trovano di certo tutti gli elementi di una centrale mascherata, ma anche di un impianto miniaturizzato che fornisce energia per il fabbisogno di un intero villaggio.



Matteo Thun & Partners, *Centrale a biomasse*, Schwendi, Germania, 2006-2008 - vista del padiglione posto di fronte alla centrale per lo stoccaggio delle biomasse
Fonte: www.matteothun.com



Matteo Thun & Partners, *Centrale a biomasse*, Schwendi, Germania, 2006-2008 - inquadramento



Matteo Thun & Partners, *Centrale a biomasse*, Schwendi, Germania, 2006-2008 - vista della centrale
 Fonte: www.matteothun.com



Matteo Thun & Partners, *Centrale a biomasse*, Schwendi, Germania, 2006-2008 - vista dell'involucro dall'interno
 Fonte: www.matteothun.com

Le centrali mascherate

L'architettura delle "centrali mascherate" è un'architettura che svolge il solo compito di involucro estetico di un'opera tecnica dal solo valore funzionale.

Da quando le opere tecniche sono state svincolate all'architettura, questa ricopre il ruolo di mascherare un qualcosa considerato "brutto" o troppo impattante. In alcuni casi assistiamo ad interventi che puntano ad una mimesi con il contesto circostante.

Al contrario di quanto avviene per le centrali miniaturizzate, che sono esse stesse dei sistemi in cui architettura e ingegneria in qualche modo sembrano fondersi in un tutto equilibrato, in questo tipo di centrale da un lato vi sono le macchine elettriche, dall'altro l'involucro architettonico. Sono, in altre parole, due sistemi che non comunicano.

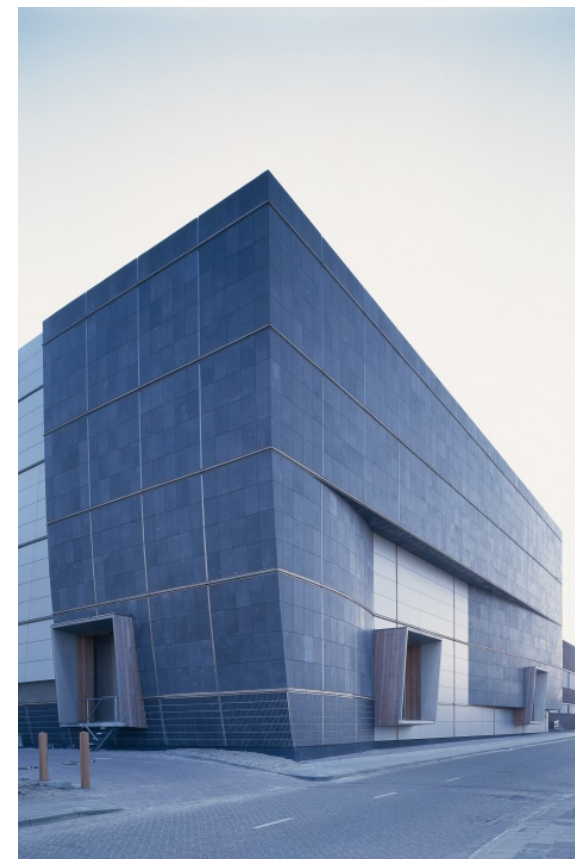
Il dato che interessa, però, è che in questo tipo di pratiche progettuali vi è la volontà di trattare l'edificio funzionale come architettura, di donare dunque dignità architettonica ad un manufatto

tecnico. Sembra che ancora non è possibile però riscontrare una vera e propria tipologia che richiami alla funzione "edificio produttivo". Detto in altri termini, l'involucro così pensato potrebbe contenere all'interno qualsiasi funzione, un museo, degli uffici, un centro di ricerca, ecc.

Siamo lontani dal raggiungere un equilibrio che si ritrova ad esempio nei risultati delle "miniaturizzate". Infatti è di sicuro più semplice inglobare nel progetto macchinari più piccoli piuttosto che di più grandi dimensioni.

Il compito per cui la centrale è pensata determina il suo inserimento nel contesto circostante.

La differenza di approccio tra gli impianti di Kempten – che fornisce energia ad una comunità ristretta - e quello Roskilde - che serve un'intera regione - renderà evidente quanto detto.



UnStudio, *Electrical Substation*, Amersfoort, 1990-1993 –
Vista esterna. Immagine per gentile concessione di
UnStudio

UNStudio Architects, Stazione di trasformazione elettrica, Amersfoort, Olanda, 1990-1993

Il progetto di UNStudio ad Amersfoort, consiste in un grande contenitore per tre trasformatori elettrici.

L'architettura che nasconde, l'architettura come involucro, trovano in questa realizzazione uno degli esempi più chiari. L'edificio si presenta in effetti come una scatola chiusa, che potrebbe contenere all'interno qualunque funzione: se il volume non fosse quasi del tutto chiuso, si potrebbe facilmente pensare a uno spazio per uffici, ad esempio.

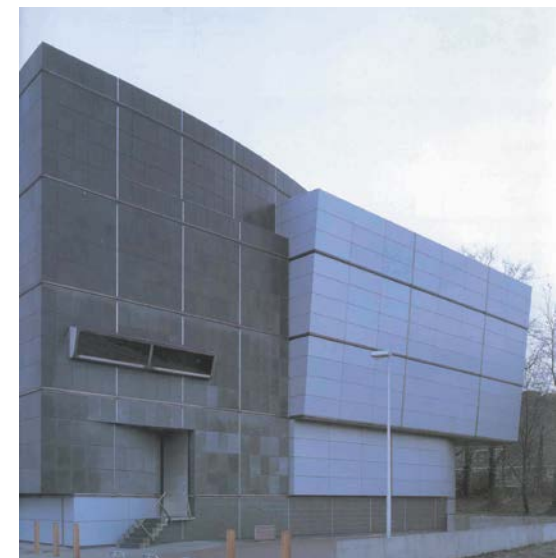
Il progetto è organizzato secondo due parti che si agganciano tra di loro, ciascuna trattata con un materiale differente per sottolineare la diversità di questi due "poli", il cui incrocio richiama il processo invisibile di trasformazione dell'elettricità e quindi il flusso di cariche elettriche positive o negative.

In facciata è approfondito il "gioco degli opposti" secondo il quale è articolato il progetto. Infatti in un caso il rivestimento è composto da lastre di

basalto, "isolante" e di colore scuro, nell'altro da pannelli di alluminio, "conduttore" e di colore chiaro. L'opposizione è inoltre accentuata dalla disposizione degli elementi di rivestimento, orizzontale nel caso dell'alluminio e verticale nel caso del basalto.

Nonostante il richiamo esterno alla funzione interna, ovvero alla presenza di gruppi macchine atti alla trasformazione dell'energia, il progetto si configura come una maschera adottata con lo scopo di rendere meno impattante la presenza di macchinari per la generazione elettrica in un contesto urbano.

Se questo porta l'architettura a rimanere nel solo piano di involucro "bello" di macchinari che altrimenti avrebbero avuto un impatto negativo alla vista, si colloca però tra gli esperimenti per una "architettura tecnica" di qualità attualmente quasi inesistente in questo settore.



UnStudio, *Electrical Substation*, Amersfoort, 1990-1993
– Viste esterne. Immagine per gentile concessione di UnStudio

UNStudio Architects, Stazione di trasformazione elettrica, Innsbruck, Austria, 1997-2002

UNStudio tratta la sottostazione elettrica di Innsbruck con gli stessi criteri del progetto di Amersfoort, cioè come un involucro in grado di mitigare l'impatto che gli impianti elettrici contenuti al suo interno avrebbero generato nel contesto urbano nel quale sono inseriti.

La cabina risulta così inserita nel centro storico di Innsbruck, alla stregua di qualsiasi altra architettura, consentendole di rimanere in armonia con il circostante.

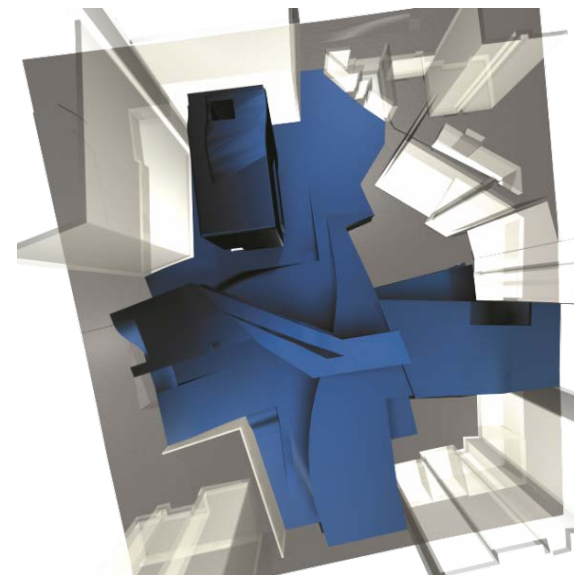
Si tratta sempre di un involucro progettato per coprire, il suo punto di forza è in realtà la capacità di anticipare e indirizzare gli sviluppi futuri del sito grazie alle linee predisposte da Ben van Berkel. In questa ipotesi di "centrale mascherata", è una infrastruttura a determinare l'espansione del costruito, e non il contrario; in altre parole, la cabina non è né allontanata dal centro abitato, né viene inserita a posteriori per le necessarie esigenze tecniche di soddisfazione della richiesta energetica.



Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002.
Immagine per gentile concessione di UNStudio.
Fotografia di Christian Richter



Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002 –
Inquadramento urbano.
Immagine per gentile concessione di UNStudio.

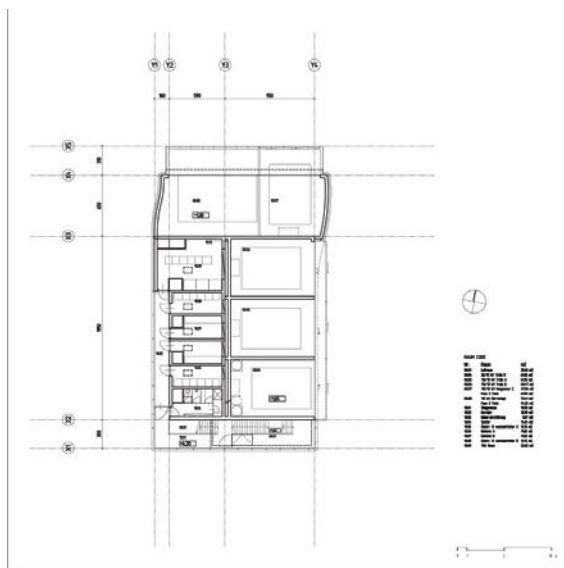


113

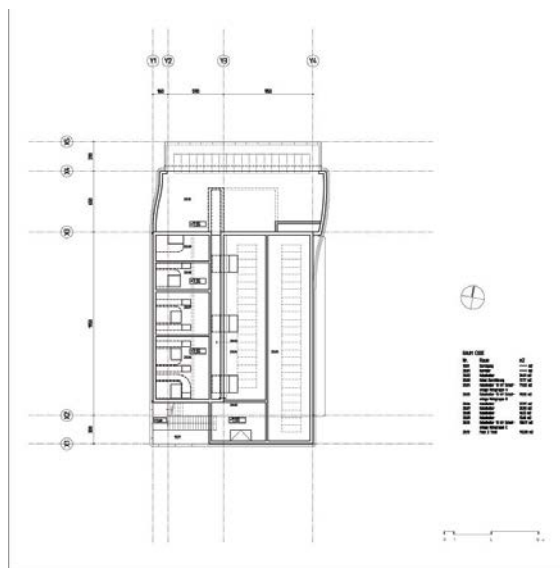


Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002 –
Rendering. Immagine per gentile concessione di UNStudio.

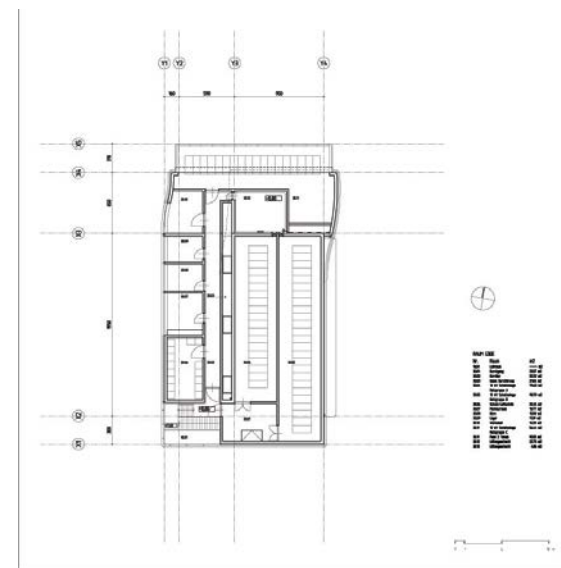
Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002. Interno
Immagine per gentile concessione di UNStudio.
Fotografia di Christian Richter



Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002
Pianta del primo livello.
Immagine per gentile concessione di UNStudio.



Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002
Pianta del secondo livello.
Immagine per gentile concessione di UNStudio.



Electrical substation, Innsbruck, Austria, 1997-2002
Pianta del terzo livello.
Immagine per gentile concessione di UNStudio.

Monovolume Architecture + Design, Centrale Idroelettrica, Villetta, Italia, 2008-2009

La nuova centrale idroelettrica progettata dallo studio Monovolume Architecture + Design, formato dagli architetti Patrik Pedó e Jury Anton Pobitzer, si trova sul Rio Vena nella frazione di Villetta, ad un'altezza di circa 800 metri (s.l.m.).

Il progetto consiste essenzialmente in una cabina dal semplice volume poligonale che si trova in parte incassata nella montagna alle sue spalle.

Tale espediente si è reso necessario in fase di progettazione per due motivi: da un lato il poco spazio disponibile per la costruzione, dall'altro la volontà di mimetizzare l'intervento nel paesaggio circostante.

Vi è poi una duplice opera di mitigazione della centrale idroelettrica nel contesto. Infatti già lo stesso progetto dei Monovolume si configura come un involucro delle macchine della centrale, e inoltre questo involucro è tratto in maniera tale da mimetizzarsi grazie alla sua forma e ai suoi materiali, nell'ambiente.

Il volume creato dagli architetti altoatesini punta a mascherare l'intervento artificiale per unirlo al naturale, il risultato è un manufatto che emerge dalla roccia come fosse il prolungamento della montagna stessa.

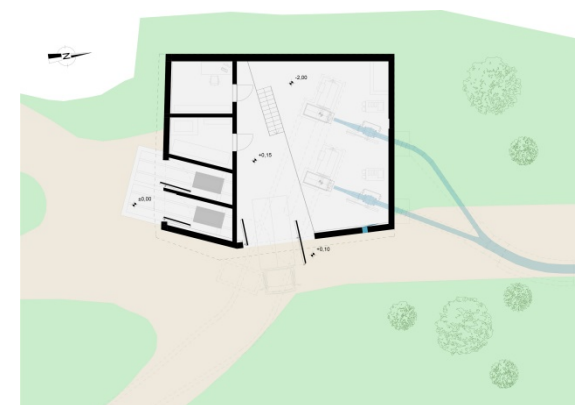
Questo effetto è accentuato dall'utilizzo di pochi materiali, il cemento, il vetro e l'acciaio, lasciati nel loro aspetto naturale.

Il volume replica la forma di una roccia stilizzata, i cui piani sono tagliati dalle lastre di vetro stratificato, alcune delle quali consentono di guardare la sala macchine all'interno, e dalle guide in acciaio corten che attraversano l'intera superficie.

All'interno al piano interrato si trovano i gruppi macchina, una sala cavi posta sul retro e una vasca di controllo per la condotta forzata, mentre al piano terra si trova la sala a media tensione, la sala comandi, e due vani trasformatore.



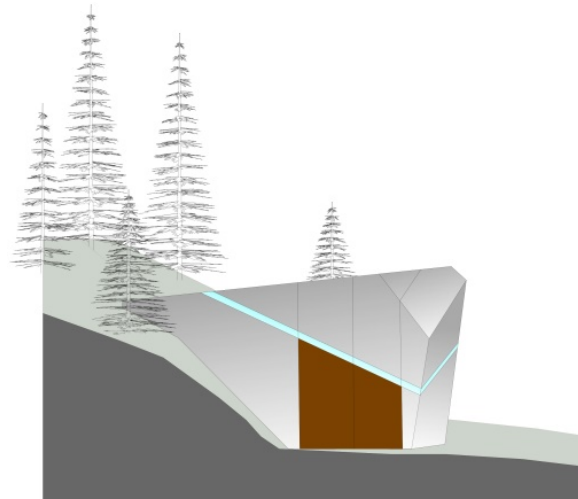
Monovolume Architecture + Design, *Centrale Idroelettrica*, Villetta, Italia, 2008-2009 – vista della centrale. Immagine per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design



Monovolume Architecture + Design, *Centrale Idroelettrica*, Villetta, Italia, 2008-2009 – pianta piano terra della centrale. Immagine per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design

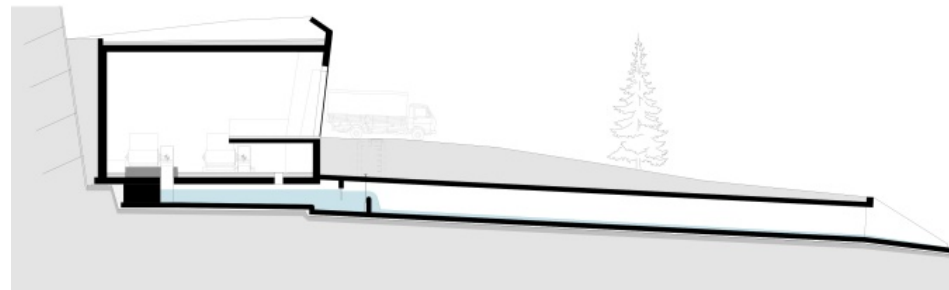


Monovolume Architecture + Design, *Centrale Idroelettrica*, Villetta, Italia, 2008-2009 – viste della centrale.
Immagine per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design



Monovolume Architecture + Design, *Centrale Idroelettrica*, Villetta, Italia, 2008-2009
Prospetto della centrale.
Immagine per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design

Monovolume Architecture + Design, *Centrale Idroelettrica*, Villetta, Italia, 2008-2009
Sezione della centrale.
Immagine per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design

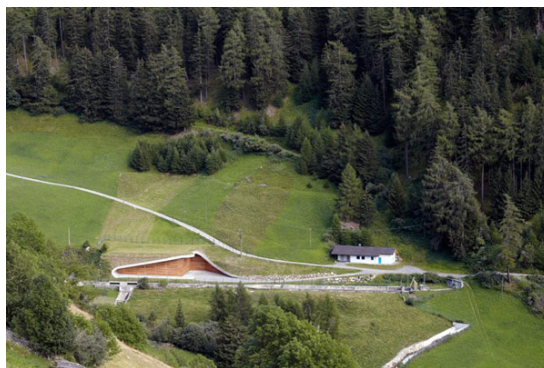


Monovolume Architecture + Design, Centrale idroelettrica *Punibach*, Malles, Italia, 2010

La centrale idroelettrica “Punibach”, si presenta come una piega nel terreno, una tasca ricavata nel verde dei prati di Malles, al suo interno i macchinari della centrale idroelettrica.

Questo espediente mimetico è utilizzato da Monovolume Architecture + Design per integrare, anche fisicamente, nel contesto naturale circostante l'intervento che denuncia però la sua presenza grazie alla copertura in calcestruzzo, che crea una scissione con il terreno soprastante, e l'involucro composto da uno schermo in legno.

Presenza che è dichiarata maggiormente la notte, quando nell'intorno buio le luci provenienti dall'interno trapelano all'esterno, attraverso le fessure della facciata lamellare che la avvolge.

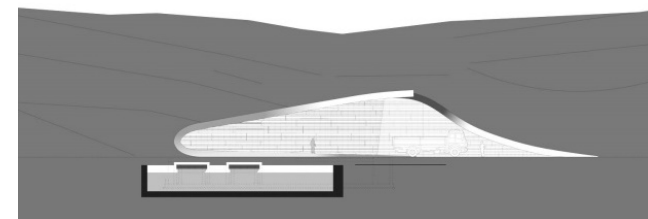
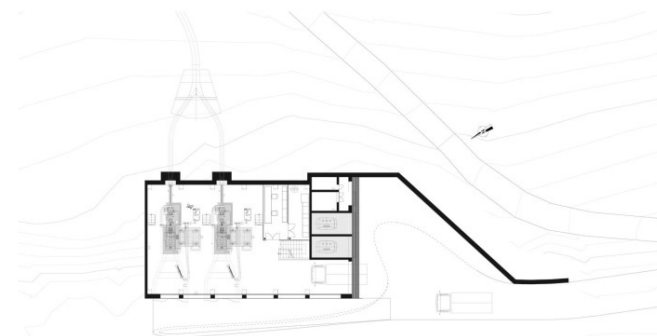


Monovolume Architecture + Design, Centrale Idroelettrica, Villetta, Italia, 2008-2009

- vista dall'alto della centrale
- vista dell'involucro

Immagini per gentile concessione di Monovolume Architecture + Design

Monovolume Architecture + Design, Centrale Idroelettrica, Villetta, Italia, 2008-2009
vista dall'alto della centrale



Monovolume Architecture + Design, Centrale Idroelettrica, Villetta, Italia, 2008-2009

- pianta della centrale
- sezione della centrale

C.F. Møller, Stazione GIS, Vejle, Danimarca, 2011-2013

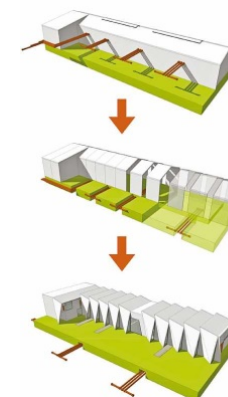
Il progetto per la Stazione GIS di Vejle, dello studio scandinavo C.F. Møller nasce per la volontà del Parlamento danese di rinnovare il volto dell'infrastruttura elettrica del Paese.

Il *concept* è quello di creare una sorta di "recinto" per i macchinari della stazione, che si trova nel paesaggio aperto, rispondendo con la sua struttura ai criteri di flessibilità e forza architettonica.

L'involucro è costituito da una serie di moduli dal guscio leggero e il tetto inclinato posti in sequenza, ed eventualmente aggiungibili e replicabili, dando l'idea generale di una "fisarmonica" la cui superficie è tagliata da vetrate triangolari che consentono di vedere l'area interna dei macchinari.



C.F. Møller, Stazione GIS, Vejle, Danimarca, 2011-2013 –
viste della centrale



C.F. Møller, Stazione GIS, Vejle, Danimarca, 2011-2013
- sezione della centrale
- concept

Fonte delle immagini: www.cfmoller.com

NORD Architecture, *London Olympics*

Substation, Londra, 2012

Il progetto di NORD Architecture per la sottostazione elettrica per il Parco Olimpico “Londra 2012”, risulta di importanza strategica poiché, in qualità di primo edificio costruito nell'area, è stato pensato per influenzare la disposizione e progettazione degli altri edifici che compongono il complesso destinato ai giochi olimpici.

L'intento principale del progetto era quello di dare dignità architettonica ad un manufatto esclusivamente funzionale.

Uno dei mezzi per rendere questa cabina una “architettura”, è stato l'utilizzo per il rivestimento di facciata, dei mattoncini che richiamano la lunga tradizione industriale inglese, anche se disposti e trattati con un linguaggio contemporaneo. Nonostante nelle intenzioni progettuali vi fosse la volontà di sviluppare un forte approccio al contesto, in realtà l'edificio della sottostazione si presenta come involucro chiuso e impermeabile.

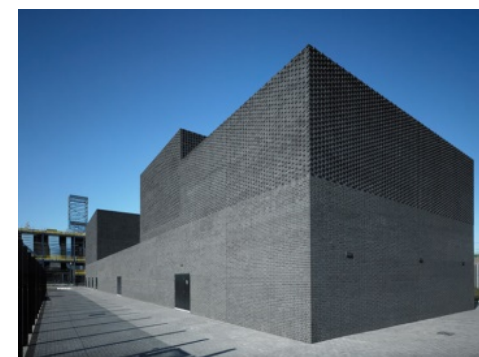
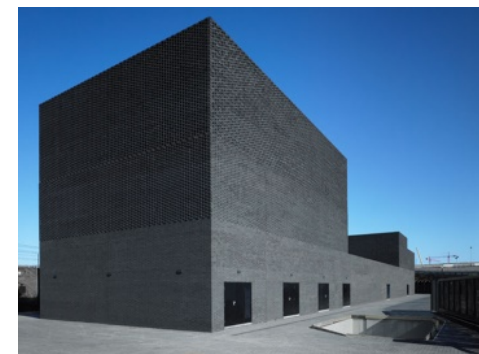
La cabina non è stata pensata soltanto per i giochi olimpici, ma anche per permanere nel sito dopo la dismissione degli altri edifici costruiti per l'evento, fornendo energia elettrica per l'intera area di Stratford.

NL Architects, *TRAFO*, Westerdoksdijk, Amsterdam, 2014

“Trafo” è una piccola cabina di servizio costruita sulla banchina del nuovo porto, di recente ristrutturazione, lungo la riva del lago IJ, considerato il lungomare di Amsterdam, che ha la funzione di piccolo trasformatore di energia elettrica per le barche che attraccano al porticciolo.

Il progetto nasce dal tentativo di rispondere alla domanda se sia possibile progettare una casa archetipa come involucro di una scatola con funzione prettamente di servizio.

L'involucro è costituito da una serie di segmenti scorrevoli, modellati con una sezione che ha la forma di una tipica casa stilizzata, in modo tale da essere manovrati e rendere così la cabina



NORD Architecture, *London Olympics Substation*, Londra, 2012 – immagini della sottostazione
Fonte: www.architetti.com

accessibile per le operazioni di manutenzione e di utilizzo stesso.

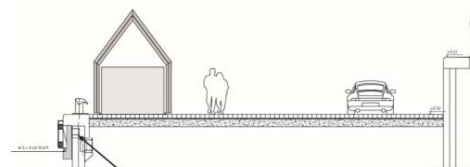
Questo sistema consente infatti una corretta ventilazione e una facile accessibilità, requisiti indispensabili per questo tipo di manufatti; la cabina ha così porte su entrambe le parti finali e una apertura nel mezzo, grazie ai pannelli scorrevoli su binari.

Erick van Egeraat, Termovalorizzatore di Roskilde, Danimarca, 2014

Con il termovalorizzatore progettato dallo studio di architettura di Erick van Egeraat, la città di Roskilde si trova ad avere una nuova centralità, dopo la cattedrale della città dichiarata patrimonio mondiale dell'UNESCO.

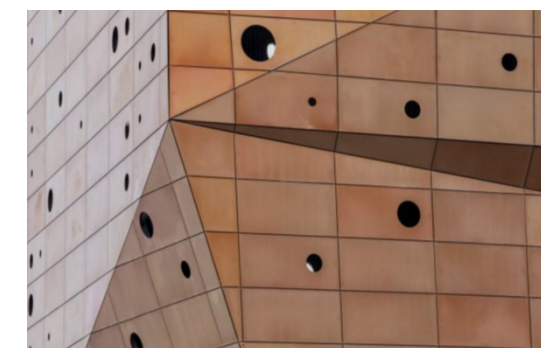
Il termovalorizzatore incenerisce i rifiuti provenienti da nove comuni circostanti più altri provenienti anche dall'Estero, per produrre energia elettrica in grado di coprire il fabbisogno dell'intera regione di Roskilde.

Il progetto è stato pensato come un vero e proprio landmark, un'architettura iconica piuttosto che semplicemente funzionale.



NL Architects, *TRAFO*, Westerdoksdijk, Amsterdam, 2014
Disegni di progetto.
Immagini per gentile concessione di NL Architects

Erick van Egeraat, *Termovalorizzatore di Roskilde*, Danimarca, 2014



Erick van Egeraat, *Termovalorizzatore di Roskilde*, Danimarca, 2014 – dettaglio dell'involucro
Fonte: www.erickvanegeraat.com

Anche in questo caso ci troviamo di fronte ad una centrale “mascherata” per mezzo di una facciata formata da due strati: lo strato più interno è il vero strato isolante, mentre il secondo è un po’ il volto con cui la centrale si presenta ai nostri occhi, una pelle di lastre di alluminio color terra traforate con un motivo a fori circolari.

Le luci inserite tra questi due strati sono state progettate per creare uno scenario notturno di giochi luminosi, quasi a voler richiamare la funzione interna.

Schmidt Hammer Lassen Architects,
Termovalorizzatore di Shenzhen, Cina, 2016
(in costruzione)

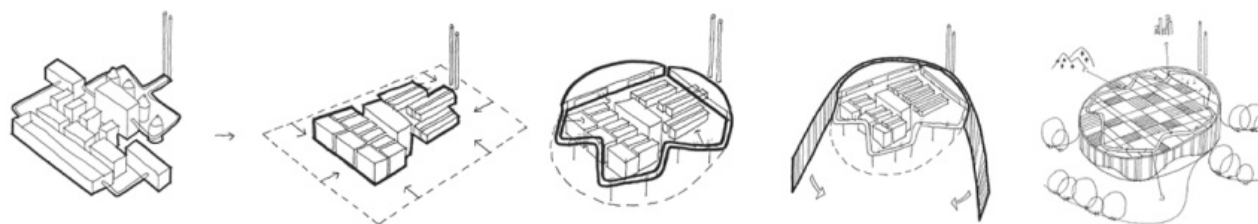
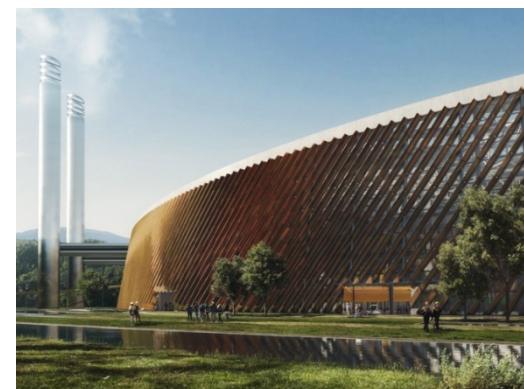
L'obiettivo principale per Schmidt Hammer Lassen Architects in fase di progettazione del termovalorizzatore di Shenzhen, è stato quello di progettare un impianto semplice, pulito, dal forte valore iconico e che soprattutto fosse una testimonianza dei progressi tecnologici nel campo della produzione di energia elettrica.

Il progetto organizza e racchiude nell'impianto tutte le sue parti, compresi gli edifici ausiliari, in un unico edificio circolare, la cui forma rompe con l'immagine rettangolare “classica” dell'edificio industriale tradizionale.

In copertura sono previsti pannelli fotovoltaici che integreranno così la produzione di energia elettrica del termovalorizzatore contribuendo a fornire energia rinnovabile per la città.

La centrale inoltre si apre alla cittadinanza in quanto nell'area di progetto saranno anche realizzati percorsi nel verde per i visitatori.

L'edificio è completamente schermato e avvolto da un involucro che racchiude al suo interno le varie sale macchine della centrale, nascondendo anche in questa occasione progettuale il vero “corpo” dell'impianto.



Schmidt Hammer Lassen Architects, *Termovalorizzatore di Shenzhen, Cina, 2016 (in costruzione)*

- concept

Fonte: www.shl.dk

Le centrali ibridate

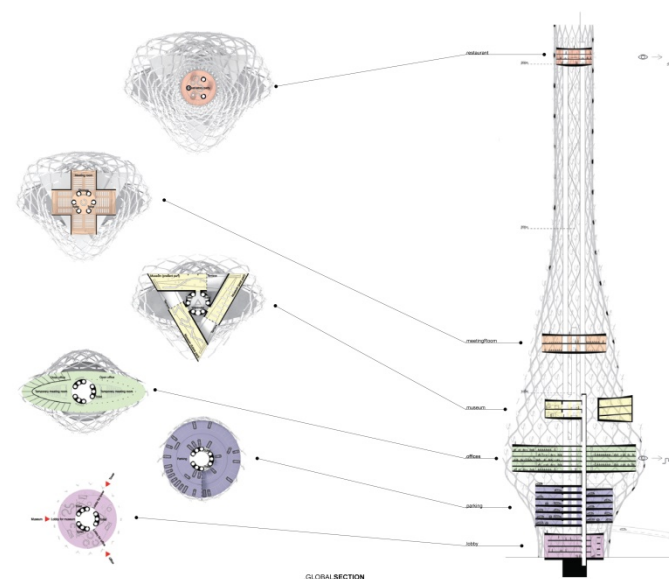
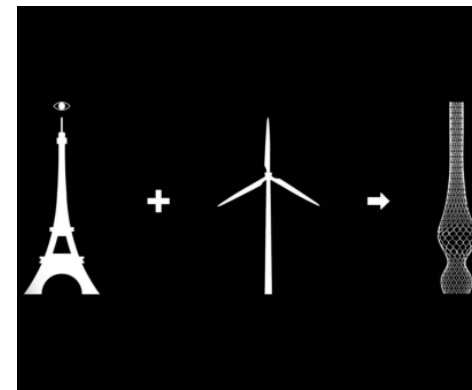
Con l'espressione "centrali ibridate" si intendono tutte quelle centrali in cui si riscontra una strategia progettuale di *mixité*, volta ad integrare nell'edificio tecnico produttivo funzioni maggiormente aperte al pubblico, siano esse ludiche, turistiche, didattiche, ecc.

Ragioni legate alla sicurezza degli impianti – che molte volte motivano l'allontanamento dal centri abitati – sono contemplate all'interno del progetto architettonico.

All'interno di questo paragrafo verranno quindi presentate tutte visioni architettoniche che liberano l'edificio produttivo dalla sua condizione di impianto isolato, dimostrando che una forma di convivenza con altre funzioni e di fruizione da parte di visitatori o pubblico è possibile.

In alcuni casi tali edifici ibridi rispondono anche ad una strategia educativa e di sensibilizzazione alla questione energetica, favorendo un avvicinamento fisico a questo tipo di impianti.

Alcuni progettisti decidono di cogliere le opportunità offerte dal luogo stesso, come nel caso della stazione idroelettrica di Val-Jalbert, in cui l'alto valore paesaggistico del sito di progetto offre lo spunto per integrare un belvedere, oppure nel progetto di BIG la grande superficie necessaria per la realizzazione del termovalorizzatore di Copenaghen sarebbe stata sprecata se non avessero pensato ad integrarvi una pista da sci.



NL Architects, *Power Tower*, Taichung, Taiwan, 2010
Immagini per gentile concessione di NL Architects

NL Architects, *Power Tower*, Taichung, Taiwan, 2010

La Taiwan Tower, o “Power Tower”, nasce come progetto di concorso internazionale per una torre di osservazione.

L’ambizione dei progettisti, NL Architects, è stata di creare un torre indipendente alta 300 metri con un belvedere e che incorporasse diverse funzioni, fungendo come modello per un “edificio verde”.

L’edificio è pensato con lo scopo di unire un’architettura che abbia la forza del landmark e che possa contemporaneamente ridurre al minimo l’uso del suolo e le risorse della terra.

La torre-osservatorio, dall’alto valore iconico, non è un semplice edificio multifunzionale ma è capace di produrre energia, comportandosi come una sorta di pala eolica “mascherata” al cui interno sono ospitate servizi, uffici, e attività ricreative.

Il progetto così si sgancia dall’essere una bella “scultura” e diventa un edificio utile, assimilabile ad una centrale ibridata con altre funzioni, un

impianto verde che ben può convivere con gli utenti che fruiscono della torre.

La Power Tower si propone come grande strumento comunicativo, in grado di cambiare sia la tipologia di turisti che accede all’osservatorio (modificando di fatto il contenuto del sito che essi vanno a visitare) e allo stesso tempo l’apparenza di un edificio atto a produrre energia (in questo caso eolica).

Atelier Pierre Thibault, *Belvédère De Val-Jalbert*, Val-Jalbert Historical Village, Chambord, Canada, 2014

Atelier Pierre Thibault progetta una stazione idroelettrica pensandola con la duplice funzione di belvedere.

L’impianto si colloca vicino al villaggio Val-Jalbert fondato nel 1901; abbandonato nel 1960 è ora un sito di interesse storico nonché paesaggistico.

Questo progetto è un esempio di riqualificazione di un’area abbandonata affidata proprio ad un impianto di produzione di energia: grazie



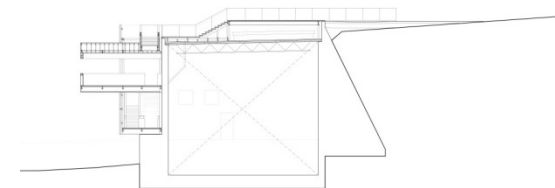
NL Architects, *Power Tower*, Taichung, Taiwan, 2010
Immagini per gentile concessione di NL Architects

all'integrazione tra un edificio "tecnico", necessario in quanto funzionalmente indispensabile, e una attrazione turistica quale il belvedere che si affaccia sul paesaggio di Val-Jalbert, i progettisti sono stati capaci di attrarre nuovamente flussi di visitatori in un'area altrimenti fantasma e di creare un esempio di possibile convivenza tra un edificio industriale e i visitatori che fruiscono del belvedere.

Zgf Architects Llp, *Stanford University*
Central Energy Facility, Palo Alto, California, 2015

Il progetto per l'impianto di produzione di energia elettrica degli ZGF Architects LLP, rientra nel più ampio programma di trasformazione dell'intero sistema energetico del campus della Stanford University.

Questo programma ha previsto la completa sostituzione dell'impianto termo-elettrico da fonte combustibile fossile, con un impianto combinato per il recupero del calore, riducendo sensibilmente le emissioni di gas.



Atelier Pierre Thibault, *Belvédère De Val-Jalbert*, Chambord, Canada, 2014. Sezione trasversale. Immagine per gentile concessione di Atelier Pierre Thibault

Atelier Pierre Thibault, *Belvédère De Val-Jalbert*, Chambord, Canada, 2014. Vista della centrale.

Un centro di controllo monitora costantemente il funzionamento dell'impianto, prevedendo la richiesta di energia del campus in tempo reale e garantendo la massima efficienza del sistema. Questo progetto mostra come sia possibile integrare una centrale elettrica con gli spazi della vita quotidiana, in questo caso di quella che si svolge all'interno di un campus universitario, e trattando il progetto di un impianto tecnico come un vero e proprio progetto di architettura.

BIG – Bjarke Ingels Group, *Amager Resource Center*, Copenhagen, in costruzione

BIG pensa ad un termovalorizzatore in grado di stabilire una nuova relazione con la città: da un lato si pone come segno importante, considerato l'alto valore iconico di questa architettura, dall'altro integra in sé funzioni pubbliche legate ad attività sportive. L'impianto è stato pensato infatti come una grande rampa che gira su se stessa e che ben si adatta ad ospitare una pista da sci e una parete per l'arrampicata.



Zgf Architects Llp, *Stanford University Central Energy Facility*, Palo Alto, California, 2015
Fonte: www.dezeen.com



BIG – Bjarke Ingels Group, *Amager Resource Center*, Copenhagen, in costruzione
- Render di progetto
- Vista della pista da sci
Fonte: www.big.dk

In questo modo funzioni produttive e ricreative convivono in equilibrio, contribuendo ad avvicinare la cittadinanza a tematiche che riguardano i consumi e la produzione di energia, abbattendo il preconceito che vuole tali strutture isolate il più possibile dai contesti abitati.

Questo progetto invece è in grado di disegnare e riqualificare una parte di città, proprio grazie all'idea di non considerare la centrale come oggetto ai margini del centro abitato, bensì come opportunità per il suo sviluppo urbano, economico e sociale. Progettato per sostituire la vecchia centrale preesistente, il nuovo termovalorizzatore produrrà energia tramite la combustione di rifiuti, e per "leggere" la quantità di CO₂ emessa dall'impianto, verrà rilasciato del fumo sotto forma di anelli di 25 metri di diametro e di 3 metri di larghezza dall'apposito camino ad un'altezza di 124 metri, per ogni tonnellata di anidride carbonica prodotta.

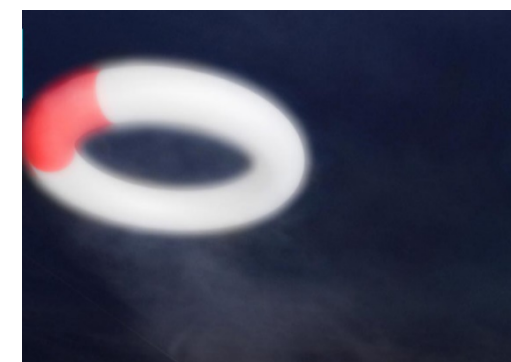
Ed è anche per merito di questo espediente che il progetto dei BIG risulta di fondamentale importanza ai fini dell'analisi: gli architetti hanno

infatti deciso di dare una forma alle emissioni di CO₂, affidando così al progetto la funzione didattica-comunicativa finalizzata alla presa di coscienza di quanto incidano i nostri consumi sull'ambiente e per responsabilizzare la collettività circa il risparmio delle risorse.

NL Architects, *Plant of the Future*, Hoogvliet, Rotterdam, 2002

Il progetto "Plant of the future", non rientra propriamente nel tipo di impianti che interessano il tema di tesi, poiché è un impianto di tipo chimico e non di generazione elettrica, ma ho scelto comunque di occuparmene considerato il modo in cui tale tipo di centrale viene affrontata dagli NL Architects.

"Plant of the future" è stato proposto dagli NL Architects nell'ambito del progetto *WIMBY* (*Welcome into my back yard!*) nato con lo scopo di affidare all'architettura il compito di rigenerare Hoogvliet, una cittadina di Rotterdam che tra il 1970 e il 1980 ha subito un progressivo



126

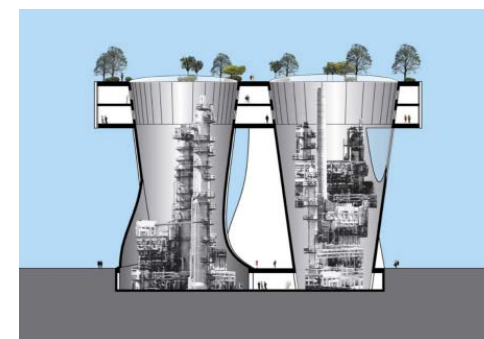
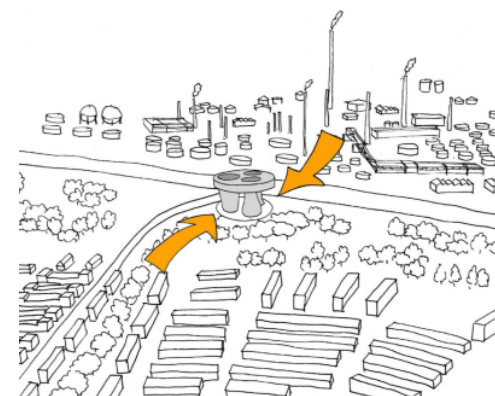
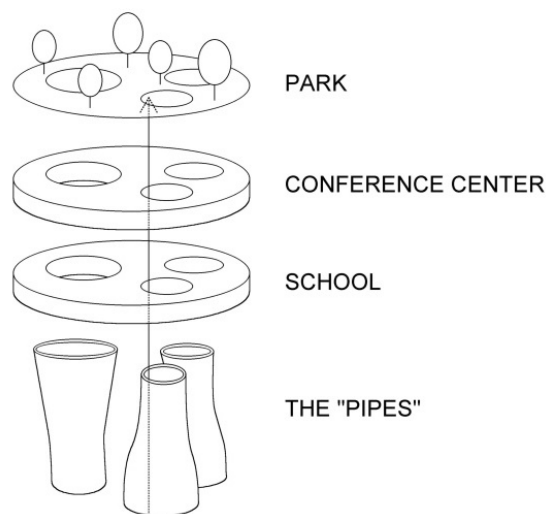
BIG – Bjarke Ingels Group, *Amager Resource Center*, Copenhagen, in costruzione – Simulazione degli anelli di fumo
Fonte: www.big.dk

spopolamento da parte degli abitanti appartenenti alla fascia medio-alta con il conseguente arrivo di nuovi abitanti in situazione di povertà e disagio.

L'obiettivo del programma *WIMBY* quindi è stato quindi orientato alla rigenerazione di questa porzione di territorio sia attraverso progetti con finalità sociali sia attraverso diverse proposte architettoniche.

Fra queste troviamo il progetto degli NL Architects, anche chiamato "Pilot Plant", un esperimento progettuale volto da un lato ad unire una scuola per la formazione degli operatori di processo con un operativo impianto chimico insieme ad altre funzioni di tipo ricreativo, dall'altro a ricucire la città di Hoogvliet con il porto di Rotterdam. Il concetto alla base del progetto è quello di contenere il potenziale rischio esplosivo della centrale attraverso una sorta di involucro con funzione di "rifugio antiatomico". Unendo all'impianto produttivo alcune funzioni ricreative e la scuola, gli architetti propongono così un nuovo tipo di centralità, in

grado di essere fruita dagli abitanti della città e un nuovo modo di intendere le infrastrutture di servizio come spazi appartenenti al tessuto urbano e non come elementi a se stanti.



NL Architects, *Plant of the Future*, Hoogvliet, Rotterdam, 2002
Immagini per gentile concessione di NL Architects

Le centrali dismesse

Quali strategie adottare quando un impianto, per ragioni diverse, deve essere dismesso? Qual è l'approccio progettuale in casi come questi? Di seguito si troverà una panoramica di esempi nazionali ed internazionali che hanno affrontato il tema.

Diverse possono essere le ragioni che portano alla dismissione di un impianto, come l'età dell'impianto stesso che lo rende obsoleto rispetto ad altre tecnologie, oppure perché diventato troppo inquinante.

Ma c'è da dire anche che si assiste ad una progressiva diminuzione dei consumi di energia nei Paesi industrializzati. Tale fenomeno va di certo individuato nella crisi economica globale, ma anche nello sviluppo di innovazioni tecnologiche disponibili oggi per le centrali elettriche, per le reti e per gli utenti stessi, nonché ad una parallela crescita di attenzione verso l'utilizzo efficace delle risorse e la riduzione dei costi.

L'intero sistema elettrico, scheletro funzionale di

ogni Paese, sta cambiando parallelamente alla crescita delle rinnovabili e all'evoluzione dei sistemi di produzione, contribuendo alla sua trasformazione da semplice rete elettrica a "rete intelligente", "smart", e maggiormente adeguata alle nuove esigenze dei consumatori e allo sviluppo sostenibile dei centri urbani.

Oltre alle ragioni già esposte molte centrali vengono dismesse per il sorgere di problemi legati alla compatibilità con il contesto circostante, in particolar modo urbano, si pensi specialmente alle centrali termoelettriche.

La dismissione di centrali obsolete è un'operazione intrapresa anche già diversi decenni fa. Basti pensare alla centrale di Via Santa Radegonda, una delle prime centrali termoelettriche in Europa e la prima in Italia ad essere messa in funzione per dare luce a Milano alla fine dell'800. Questa sorgeva accanto a piazza Duomo, con le sue ciminiere che sveltavano accanto alle guglie del Duomo, ed è stata dismessa nel 1926 dopo circa 40 anni di

attività, sostituita da un cinema.

E allo stesso modo il contesto nazionale e internazionale ci offre esempi di centrali termoelettriche e impianti industriali trasformati magari in musei o centri culturali attraverso operazioni di successo.

Troviamo dunque il Tate Modern Museum a Londra, che fino al 1981 era la centrale termoelettrica di Bankside, o la Power Station of Art di Shanghai che fino al 2007 era un impianto di produzione di energia elettrica, oppure la nostra centrale termoelettrica Montemartini a Roma.

All'interno del paragrafo si parlerà inoltre di un recente concorso, "Futur-E", indetto da Enel proprio per la riqualificazione di 21 centrali dismesse o in via di dismissione in Italia.

Centrale Tejo - Museo dell'elettricità, Lisbona, 1990

La centrale termoelettrica Tejo ha fornito elettricità a Lisbona dal 1909 al 1972 anno in cui è stata dismessa, dopo aver subito un progressivo declino a partire dal 1944 quando venne dato maggiore impulso agli impianti idroelettrici.

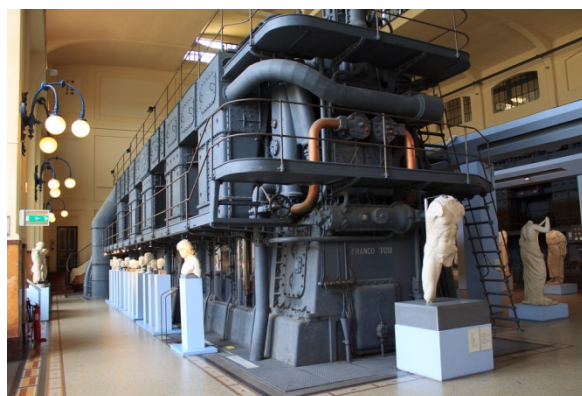
Da allora considerata patrimonio archeologico, nel 1990 divenne il "Museo dell'Elettricità", con lavori di rinnovo nel 2001 e 2005.

All'interno degli spazi della vecchia centrale viene illustrato il funzionamento e l'ambiente di lavoro che si svolgeva al suo interno, accanto a mostre temporanee e spazi educativi sul tema delle energie.

Centrale Montemartini, Roma, 1997

Fra i primi esempi di riqualificazione di un edificio industriale vi è la Centrale Montemartini, oggi museo in cui convivono in perfetto equilibrio le macchine della centrale elettrica e le statue classiche della collezione dei Musei Capitolini.

La centrale iniziò la sua attività di generazione elettrica nel 1912 per l'odierna Acea (allora "Azienda elettrica municipale"), occupando un'area di circa 20.000 m² tra la via Ostiense e il Tevere, luogo ideale per lo sviluppo industriale considerata la vicinanza al fiume e alla ferrovia. Nel 1933 Benito Mussolini inaugurò i due giganteschi motori "Franco Tosi", ciascuno di 23 metri e collocati all'interno della sala macchine. Durante il periodo fascista la centrale venne potenziata anche per gli scopi previsti dal regime, in seguito danneggiata dai bombardamenti e nel 1963 dismessa per l'obsolescenza dell'impianto.



Centrale Tejo - Museo dell'elettricità, Lisbona, 1990 – vista della centrale e dell'interno



Centrale Montemartini, Roma, 1997 – vista della sala macchine e delle sculture classiche della mostra permanente

Per circa venti anni la centrale rimase in uno stato di abbandono finché l'Acea non decise di recuperarla con l'obiettivo di realizzarvi uno spazio polifunzionale destinato al terziario.

Nel 1989 iniziano i lavori di ristrutturazione su progetto dell'ingegnere Paolo Nervi, che riguardarono principalmente la sala macchine e la nuova sala caldaie, rispettando la struttura e le forme originarie e recuperando parte dell'apparato decorativo presente nonché conservando i macchinari ancora presenti che sono parte delle opere del museo.

Nel 1997 vennero trasferite all'interno della centrale ristrutturata centinaia di sculture della mostra "Le macchine e gli dei", in un dialogo simbiotico tra archeologia classica e archeologia industriale.

Herzog & De Meuron, *Tate Modern*, Londra, 2000

Tra i poli museali più noti e importanti al mondo, la Tate Modern è stata fino al 1981 la centrale termoelettrica di Bankside.

La "Power Cathedral" come venne definita dalle cronache della metà del Novecento, per le sue dimensioni – oltre 4 milioni di mattoni e una ciminiera alta 99 metri - iniziò la sua attività nel 1891, subendo poi nel corso degli anni ampliamenti, ristrutturazioni e demolizioni e attraversando due crisi energetiche, nel 1947 e nel 1973-1974, e due guerre mondiali.

La prima crisi energetica corrispose alla demolizione della vecchia centrale e la costruzione di una nuova, come la conosciamo oggi, mentre la seconda segnò l'inizio del suo fine vita. La crisi energetica, il blocco del mercato petrolifero, un emergente dibattito sulle questioni ambientali unitamente all'inquinamento prodotto dal fumo della grande centrale e il consumo delle risorse quali combustibili fossili e acqua necessari al suo funzionamento, comportarono la chiusura della centrale, a cui seguì un lungo periodo di abbandono.

Circostanza fortunata per la sua riqualificazione fu la mancanza di spazio alla National Gallery per ospitare le opere appartenenti alla collezione



Vecchia centrale di Bankside, ora *Tate Modern* - vista della centrale e dell'intervento di Herzog & De Meuron
Fonte: www.herzogdemeuron.com



Herzog & De Meuron, *CaixaForum*, Madrid, 2001-2008
Fonte: www.herzogdemeuron.com

di Henry Tate, un ricco industriale che aveva deciso di donarle a Londra.

Dopo diverse ricerche nel 1994 la Tate Gallery acquista la proprietà della centrale con l'intenzione di trasformarla in un museo di arte moderna, cosa che avvenne nel 2000 quando la Tate Modern apre al pubblico, dopo l'intervento di riqualificazione progettato da Herzog & De Meuron, che si sono relazionati con la potente presenza e immagine della centrale riuscendo con il loro intervento ad enfatizzarla.

Herzog & De Meuron, *CaixaForum*, Madrid, 2001-2008

Degli stessi Herzog & De Meuron è il progetto di riconversione della vecchia centrale elettrica di Mediodía, a Madrid, oggi CaixaForum uno dei principali musei spagnoli e punto di riferimento per l'arte a livello internazionale.

La "Central Eléctrica del Mediodía" iniziò la sua attività nel 1900 e, per mezzo della combustione del carbone, ha fornito elettricità a Madrid per molti anni.

Herzog & De Meuron concepiscono il nuovo polo culturale come una nuova centralità urbana e un "attrattore" non solo per gli appassionati d'arte, ma per tutti i visitatori.

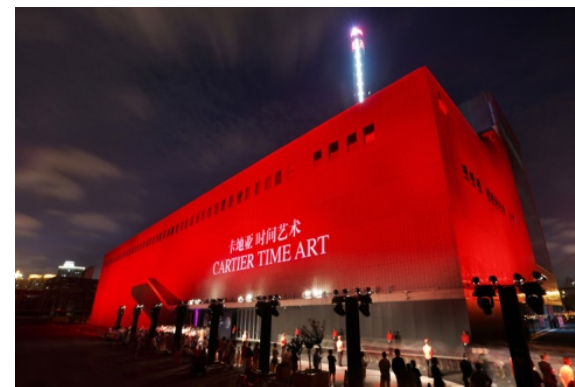
L'artificio architettonico utilizzato per alleggerire la pesante massa della vecchia centrale è stato lo scavo dell'attacco a terra, che restituisce così l'immagine di un edificio sollevato dal terreno che sfida le leggi di gravità.

La facciata originaria della centrale, conservata dagli architetti svizzeri, si pone in un contrasto armonioso con la parete verde dell'adiacente edificio.

La riconversione della centrale ha permesso di creare un nuovo spazio pubblico urbano, a partire dalla grande piazza ricavata dal "sollevamento" dell'edificio da terra e integrando nel museo anche un auditorium.

Power Station of Art, Shanghai, 2012

La centrale elettrica Nanshi Electric Plant a Shanghai, è oggi il museo "Power Station of Art" dedicato all'arte contemporanea cinese.



Power Station of Art, Shanghai, 2012
www.enel.it



Rafael Viñoly, Centrale di Battersea, Londra, 2013-2025
Fonte: www.e-architect.co.uk

La storia della centrale inizia nel 1897 quando viene costruito un primo impianto industriale Nanshi che nel 1935 viene ricollocato nell'attuale posizione sulle rive del fiume Huangpu, dove produrrà energia fino al 1955.

Durante lo Shanghai World Expo il Nanshi Electric Plant diviene la sede per il "Pavillion of the Future".

Il museo è stato poi aperto al pubblico nel 2012, come incubatore culturale, mèta di milioni di turisti provenienti da tutto il mondo. La ciminiera che è stata conservata si configura come elemento iconico dello skyline di Shanghai.

Rafael Viñoly, Centrale di Battersea, Londra, 2013-2025

La *Battersea Power Station* è stata una delle prime centrali termoelettriche a carbone realizzate nel Regno Unito negli anni '30. Dopo circa cinquanta anni di attività, nel 1986, venne chiusa e abbandonata ed in seguito dichiarata monumento nazionale, tanto che si cominciò a

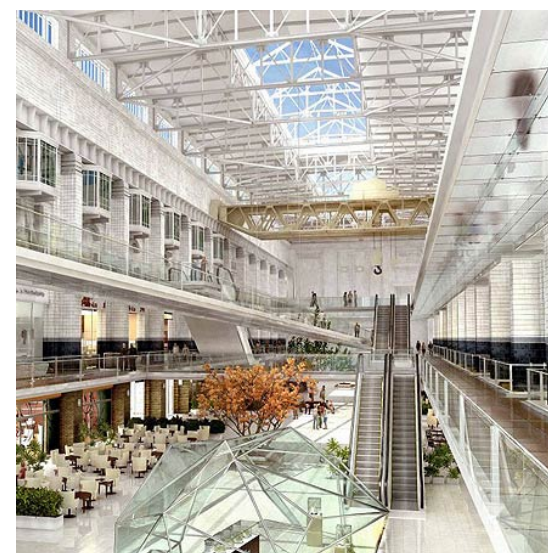
parlare di progetti di riqualificazione di quegli spazi per non lasciarli all'oblio.

Riferirsi a Battersea fino al 1986 significava indicare semplicemente la vecchia centrale abbandonata, mentre oggi vuol dire riferirsi ad uno dei quartieri più alla moda dove poter vivere a Londra, poiché la vecchia centrale è stata trasformata in una zona che comprende hotel, ristoranti appartamenti e negozi di lusso, lungo le rive del Tamigi.

Questo sarà reso possibile grazie ad una complessa operazione progettuale che vede il suo avvio nel 2012 quando tutta l'area abbandonata venne messa in vendita sul mercato immobiliare e acquistata da un consorzio malese che prevede un investimento di oltre 10 miliardi di euro.

I lavori sono iniziati nel 2013 con una fine prevista nel 2025, secondo un masterplan curato da Rafael Viñoly che ha previsto la realizzazione del progetto in sette fasi ciascuna affidata a progettisti diversi, fra cui figurano Foster + Partners e Gehry Partners.

Rafael Viñoly, *Centrale di Battersea*, Londra, 2013-2025
Fonte: www.e-architect.co.uk



Il nuovo quartiere secondo le intenzioni di Viñoly si baserà su principi di sostenibilità ambientale, con nuove soluzioni di trasporto e l'uso di fonti rinnovabili.

Renzo Piano, Centrale Elettrica GES2, Mosca, 2015 (progetto)

«Ho cominciato la mia storia di architetto costruendo un museo come fosse una fabbrica, il Centre George Pompidou di Parigi, e oggi sono qui a Mosca davanti a una fabbrica dismessa, per far sì che produca energia culturale»¹.

La ex centrale elettrica di Mosca sarà riconvertita in polo museale grazie al progetto di Renzo Piano, presentato nel 2015 al sindaco della città e che sarà realizzato dalla fondazione VAC di Leonid Mikhelson, colosso degli idrocarburi.

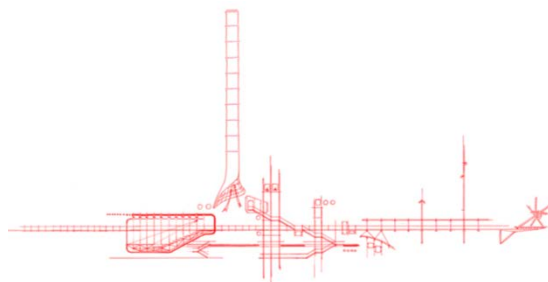
Il peso del progetto non è solo materiale ma anche simbolico in quanto GES2 rappresenta uno dei tanti luoghi lasciati a se stessi di cui la Russia è piena e in cui i lavoratori erano costretti a sfinirsi oltre qualsiasi orario sostenibile. Oggi si presenta in abbandono quale luogo spento e

buio e per il quale l'architetto genovese ha dichiarato davanti al sindaco Sergeij Sobianin: «Qui porterò la luce Signor sindaco, questo posto produceva luce, e io le garantisco che tornerà a farlo, sarà una lanterna magica nel cuore di Mosca»².

Il progetto prevede dunque la riconversione della vecchia centrale in un museo di arte contemporanea, spazio espositivo dotato anche di auditorium, dislocato all'interno della struttura originaria della GES2 che sarà mantenuta.

Il nuovo museo sorgerà su una piazza quadrata di lato 150 metri, delimitato da un piccolo bosco di betulle metropolitano e accoglierà piccole attività temporanee quali piccoli negozi e librerie o permanenti come il caffè e il ristorante.

L'energia necessaria per il funzionamento del museo proverrà da fonti rinnovabili tramite l'utilizzo di pannelli solari e impianti geotermici.



Renzo Piano, Centrale Elettrica GES2, Mosca, 2015
Fonte delle immagini: www.dezeen.com

Arons en Gelauff Architecten, *Spazi ricreativi e culturali dai sili per la depurazione*, Amsterdam, 2009

Sebbene non propriamente un impianto di produzione di energia elettrica, ho deciso di presentare questo esempio di riconversione di un sito industriale dismesso per la qualità progettuale dell'operazione.

La città di Amsterdam potrebbe avere un parco di circa 4000 m² con ristoranti, spazi ricreativi, cinema, teatro e un'area giochi per bambini, ricavato dal recupero di tre vecchi silos nel distretto di Zeeburg.

A seguito di un concorso indetto nel 2009, il municipio di Amsterdam ha premiato la proposta progettuale per la riqualificazione dell'ex impianto di depurazione dello studio Arons en Gelauff Architecten.

Secondo le intenzioni dei progettisti i tre impianti diventeranno spazi di un centro multiculturale destinato ad attività ricreative che non solo servirà a donare nuova vita ad un impianto

altrimenti abbandonato, ma anche a renderlo un posto vissuto e condiviso dalla cittadinanza.

Ogni parte del nuovo impianto riconvertito funzionerà autonomamente e sarà aperto sia di giorno che di notte.

Tra le note caratteristiche di questo progetto vi è la realizzazione del parco giochi per bambini a 40 metri di altezza con una singolare giraffa sveltante sulla sommità.



Arons en Gelauff, *Spazi ricreativi e culturali dai sili per la depurazione*, Amsterdam, 2009 – Render
Fonte: www.aronsengelauff.nl

Progetto Enel “FUTUR-E” *

Il progetto “Futur-E” lanciato nel 2015 da Enel e tuttora in svolgimento si propone di delineare una strategia per rinnovare il proprio parco impianti sul territorio italiano, con particolare riferimento alle centrali termoelettriche, in via di dismissione o già dismesse, attraverso la raccolta di proposte progettuali volte a definire possibili scenari sul futuro di tali impianti giunti al loro fine vita.

“Futur-E” nasce proprio dalla volontà di rinnovamento dell’infrastruttura elettrica, che ora deve tenere conto di diversi fattori quali fonti rinnovabili, generazione distribuita, efficienza energetica e sviluppo digitale delle reti di distribuzione. Se la rete cambia, cambiano anche i suoi nodi.

La situazione delle centrali termoelettriche in Italia è variegata e comprende impianti che possono ancora svolgere un ruolo determinante nella generazione elettrica a patto di essere efficienti in termini ambientali, tecnici ed economici, ma anche impianti che non possono

più rispondere a tali criteri e per questo stanno giungendo alla fine del loro ciclo di vita oppure impianti dismessi già da diversi anni.

A questo ultimo gruppo appartengono le 21 centrali termoelettriche di proprietà Enel individuate dal programma, e in alcuni casi si tratta anche solo di porzioni di impianti dotati anche di altri gruppi di produzione che possono continuare a lavorare.

In risposta alle questioni che interessano l’attuale scenario energetico, dunque, “Futur-E” ha l’obiettivo di valutare ipotesi alternative alla semplice demolizione per riconvertire siti non più produttivi. Si dovrà tenere conto delle specificità dei singoli siti individuati, connesse alla posizione geografica e all’evoluzione del territorio circostante.

In queste operazioni sono coinvolte diverse figure tra cui architetti, ma anche autorità e comunità locali.



Progetto Enel “Futur-E” – mappa delle centrali oggetto del concorso

*Dove non diversamente specificato le immagini provengono dal sito Enel www.enel.it

In base a queste riflessioni il progetto individua tre grandi “famiglie” di centrali:

- impianti che, se riconvertiti in modo da integrare altre tecnologie di produzione (magari da fonti rinnovabili), potrebbero continuare a produrre energia elettrica;
- impianti inglobati nel tessuto urbano che non possono più produrre energia per motivi ambientali e di obsolescenza;
- impianti non inglobati nel tessuto urbano ma che non hanno più possibilità di produrre ancora energia elettrica per le medesime ragioni.

Tra le centrali individuate troviamo la centrale a turbogas di Alessandria, l'impianto termoelettrico alimentato a olio-gas di Montalto di Castro, o l'impianto termoelettrico alimentato a olio di Augusta nei pressi di Siracusa solo per citarne alcuni.

Il programma intende – attraverso lo strumento del concorso - valutare le ipotesi progettuali di riconversione di tali centrali. Obiettivo ultimo è cambiare le modalità di generazione elettrica. Si

coinvolgono in un dialogo proficuo aziende, territori, persone.

Ipotesi di riconversione della Centrale a turbogas di Alessandria – risultati del concorso

Attualmente è terminato solo il concorso di idee per la riqualificazione della centrale di Alessandria, mentre per le altre la procedura è ancora attiva e in corso di svolgimento.

Il concorso ha visto coinvolti 200 partecipanti tra gruppi di imprese, studi di architettura, privati cittadini e associazioni provenienti da Europa, America Latina e Asia.

La giuria era composta da rappresentanti di Enel, Comune di Alessandria, Politecnico di Milano e Università del Piemonte Orientale, per assegnare i premi ai primi tre selezionati più due menzioni speciali.

Il concorso è importante perché offre soluzioni diverse da quelle del centro culturale o museale e spunti di riflessione interessanti e esportabili anche ad altri casi simili alla centrale di Alessandria o comunque a impianti industriali dismessi.

Progetto | XXL – Xtreme Xperience Land

Nel caso di Alessandria la proposta risultata vincitrice è stata “XXL – Xtreme Xperience Land” presentata dal team RECCHIENGINEERING SRL, Frigerio Design Group, Ing. Livio Dezzani, Arch. Stefano Ponzano, Ing. Ermanno Maritano. Il progetto prevede di riconvertire gli spazi e il sito dell'attuale centrale in un parco dedicato agli sport estremi suddiviso nelle cinque aree tematiche corrispondenti a acqua, terra, aria, energia e natura.

Sulla scorta di tale *concept* i due ex-serbatoi della centrale vengono riconvertiti per ospitare attività di arrampicata (terra) o immersioni subacquee e tuffi (acqua), tutto circondato da aree per parkour, skateboard e quant'altro.

Nell'area “energia”, invece, i gruppi turbogas, i camini e il carroponete sono gli elementi del parco avventura, mentre nell'area “natura” un'ampia area verde viene dedicata ad altre attività sportive. Un percorso in quota gira attorno all'intero progetto costituendo il percorso principale del parco e offrendo diversi punti di



Progetto “XXL – Xtreme Xperience Land”

osservazione del parco stesso.

La proposta è sembrata la più adatta per il primo posto in quanto coerente con gli obiettivi espressi nel bando.

Progetto | *Anello di una storia che continua*

Il secondo posto è stato assegnato al progetto “Anello di una storia che continua”, del team composto dal Prof. Arch. Antonello Stella, Daniele Durante (Studio BV36), Arch. Guido Maurizio Urbani, Ing. Maurizio Urbani che prevede di trasformare l'area in un polo agricolo di eccellenza dedicata sia alla ricerca scientifica (banca del germoplasma, selezione e conservazione di sementi pregiate o in via di estinzione), che alla produzione di prodotti agricoli a km0.

Progetto | *C.O.R.ZE.T.TI – Centro Oncologico, Residenze assistite e Trattamenti riabilitanti*

Il terzo posto è stato invece assegnato al progetto “C.O.R.ZE.T.TI – Centro Oncologico, Residenze assistite e Trattamenti riabilitanti” proposto dal team Alice Bottelli (studio DBmLab Architects), Giuseppe Joi Donati (studio DBmLab

Architects), Arch. Stefano Antonelli, Ing. Ferruccio Galmozzi (DIGIERRE 3 Srl).

In questa proposta i progettisti hanno previsto la realizzazione di un centro di ricerca oncologico e altri servizi connessi al settore sanitario, valorizzando le strutture preesistenti e concentrandosi in particolare sui due serbatoi, il carroponete e un camino. Il progetto ha colpito la giuria in particolar modo per l'impatto sociale che potrebbe potenzialmente generare anche per la capacità di innescare relazioni con le aree urbane vicine e per i risvolti occupazionali sul territorio.



Progetto “Anello di una storia che continua”



Progetto C.O.R.ZE.T.I – Centro Oncologico, Residenze assistite e Trattamenti riabilitanti”

Note:

¹ In Francesca Sforza, *Una fabbrica d'arte alle spalle del Cremlino, così Renzo Piano cambia il volto di Mosca*, «La Stampa – Cultura» del 12/10/2015.

² In Francesca Sforza, *Una fabbrica d'arte alle spalle del Cremlino, così Renzo Piano cambia il volto di Mosca*, «La Stampa – Cultura» del 12/10/2015.

Un discorso a parte merita l'impatto che ha avuto il "sistema-rete" sul territorio e sul paesaggio.

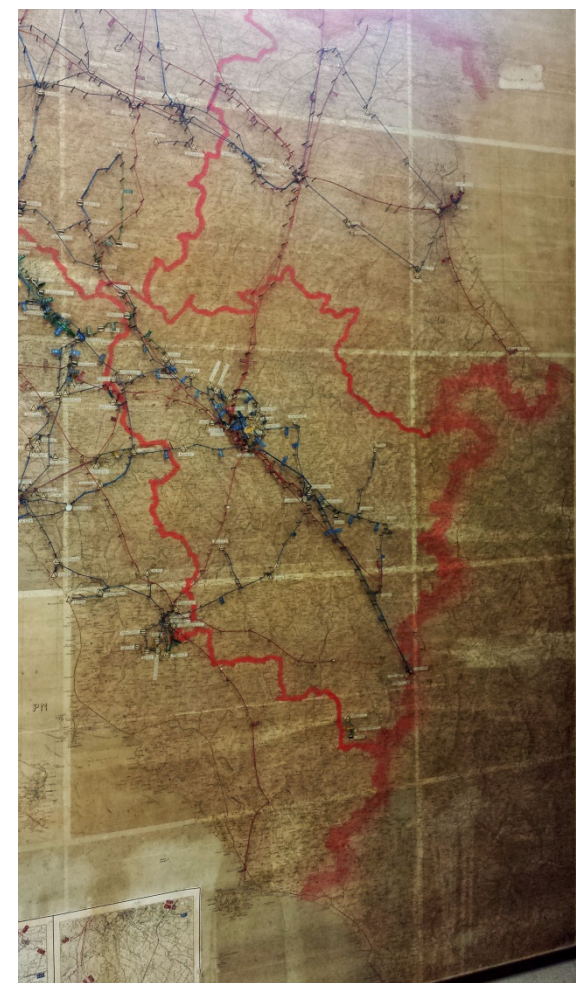
Dopo aver analizzato le varie modalità con cui l'infrastruttura elettrica, nelle sue varie componenti legate alla produzione (infrastrutture idrauliche, solari, eoliche, geotermiche e le centrali elettriche) ha trasformato e trasforma ancora oggi i territori, nel presente contributo verrà analizzato il sistema di elementi lineari che compongono la rete di trasmissione e la rete di distribuzione, cioè le linee elettriche che dalla centrale si dipartono e si diramano sul territorio per fornire l'energia elettrica alle utenze finali.

Le reti elettriche sono sistemi caratterizzati da una natura "continua" e una "discontinua", sono caratterizzati cioè dalla possibilità di essere ben visibili sotto forma di elettrodotti (e configurarsi anche come *landmark*) e di scomparire quando vi è la necessità di interrare i cavi delle linee (talvolta il nascondere la rete diventa addirittura un obiettivo). È in un certo senso un sistema che occulta se stesso, al contrario dei nodi, che

invece sono elementi che permangono e hanno una natura fisica non occultabile.

Il capitolo sarà articolato in una prima parte in cui verrà illustrata l'evoluzione storica della rete. Al suo interno evidenzierò come il territorio si costella - con il passare del tempo e grazie agli avanzamenti tecnologici - di oggetti nuovi: tralicci, cavi degli elettrodotti, stazioni di trasformazione primaria e secondaria, cabine. Sono tutti elementi che vanno a comporre quella che è stata definita come una vera e propria "trama", un *layer* artificiale di oggetti all'inizio sconosciuti, sovrapposto al *layer* naturale dei territori.

Una seconda parte del capitolo, invece, sarà focalizzata sulla sola analisi di specifici elementi che compongono le reti, cioè i tralicci. Questi sono stati oggetto di ricerche e di concorsi volti al miglioramento non solo dell'aspetto estetico, ma anche del loro appropriato inserimento nel paesaggio. Attraverso la loro progettazione la rete può assumere anche il ruolo di *landmark*.



Pannello del plastico delle reti elettriche in Italia, conservato presso l'Archivio Storico Enel a Napoli – anni Cinquanta.

Fonte: archivio personale



4.1 Le reti elettriche: una trama che intesse il territorio

Gli ultimi anni del 1800, finita l'epoca degli sperimentalismi e della costruzione delle prime centrali che, come abbiamo visto, potevano servire porzioni limitate di territorio data la difficoltà ad allontanare i centri di produzione dai centri di distribuzione, si aprono con la sfida del trasporto dell'energia a lunga distanza, e quindi anche quella della costruzione delle grandi dighe e linee elettriche che avrebbero attraversato pianure e montagne, sfida che interesserà in particolar modo i primi trent'anni del '900, ma che continuerà anche in epoche recenti.

Una serie di scoperte in campo tecnologico infatti, permisero via via di coprire distanze che, ai primissimi esordi del sistema elettrico erano impensabili: prima fra tutte la scoperta della corrente alternata, la possibilità di trasformare tensione e corrente senza alterare la potenza, mediante appunto il trasformatore, dell'energia elettrica; tutto ciò concorse non solo alla definitiva adozione dell'opzione idroelettrica, ma

anche alla costruzione di linee sempre più estese che sarebbero andate a ricoprire come una trama l'intero territorio nazionale (a quel tempo era possibile coprire una distanza di 150 chilometri grazie alla tensione a 80-100 kV).

La prima applicazione del trasporto di energia elettrica a lunga distanza avvenne nelle città di Roma e Milano, grazie ai grandi impianti idraulici di Tivoli per Roma e Vizzola Ticino per Milano.

La linea Tivoli-Roma si estendeva per 28 Km con una tensione a 5000 V, mentre quella di Paderno-Milano copriva una distanza di 37 Km che dalla centrale situata a Paderno portava l'elettricità nel capoluogo lombardo per mezzo di circa cento sottostazioni che servivano a trasformare via via l'alta tensione per arrivare agli utenti finali. Tali impianti nonostante costituiscano esempi di grande rilevanza per innovazione tecnologica, potenza e lunghezza di linea, rimangono comunque dei casi limitati



Operai a lavoro
Fonte: Matteo Gerlini, *Energia in Rete*, Monografia
dell'Archivio Storico Enel

poiché fino al 1890 circa essi servivano per fornire elettricità ai soli fini di pubblica (e in parte privata) illuminazione e per le prime reti dei trasporti urbani. Tali esempi inaugurano un percorso che durerà fino allo scoppio della Prima guerra, in cui idroelettricità voleva dire la costruzione di grandi reti e di grandi centrali, situate adesso lontano dai centri di consumo per riuscire a sfruttare al meglio le risorse idriche alpine e appenniniche, con la naturale conseguenza di un'implementazione anche delle reti distributive.

La seconda sfida che interessa i primi anni dello sviluppo della rete elettrica riguarda appunto l'elettificazione dei centri urbani e dei trasporti. Infatti, anche le linee ferroviarie, altra applicazione intimamente connessa alla scoperta e alla diffusione dell'elettricità (lo sviluppo dei due servizi crebbe quasi di pari passo), conobbero in quegli anni un forte evoluzione: nel 1914 l'Italia deteneva già il primato europeo per chilometri elettrificati. La rete ferroviaria sarebbe in seguito notevolmente cresciuta fino a

diventare, insieme alla rete dell'elettricità, l'altra infrastruttura responsabile del fenomeno di espansione dei centri urbani e di ulteriore trasformazione del territorio.

Uno dei problemi principali di questo nuovo sistema (che sarà in seguito risolto grazie all'introduzione dei trasformatori), era costituito dall'elevato costo di trasmissione dell'elettricità agli utenti: al crescere della distanza aumentava il rischio di cadute di tensione, perciò si preferì aumentare il numero degli impianti piuttosto che di linee (ancora più costose). Così facendo il territorio comincia a riempirsi sempre più di centrali e impianti tecnici, "oggetti" in qualche modo estranei ma più che altro nuovi nel paesaggio. Inoltre, sempre in quegli stessi anni, nasce tra i tecnici la convinzione che una centrale di più grandi dimensioni sarebbe stata più conveniente sotto diversi punti di vista (per spese di esercizio e risparmio sull'impiego di manodopera); il sistema dei grandi investimenti finalizzato alla costruzione delle grandi centrali e l'aumento del numero e della grandezza delle

stesse viene denominato per l'appunto "gigantismo".



Linea a 60.000 kV Campalto-Stazione di S. Giobbe costruita dalla Sade, Venezia, 1905 in una raffigurazione.
Fonte: Matteo Gerlini, *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico Enel, Roma, 2012

Finita questa prima fase, finalizzata all'elettrificazione dei centri urbani e per gli usi industriali, si apre infatti la stagione della trasmissione a grandissima distanza per servire porzioni sempre più estese di territorio. Perciò i due fenomeni che maggiormente interessano le trasformazioni del territorio negli anni seguenti il conflitto, sono proprio la realizzazione di dighe per l'immagazzinamento dell'energia e quella delle grandi reti per la trasmissione elettrica.

Ricapitolando, all'indomani della guerra e fino alla fine degli anni Venti (si vedano le immagini che mostrano la progressiva diffusione del sistema elettrico), il sistema elettrico non presenta sostanziali differenze nella sua articolazione sul territorio, ciò che si registra è invece un più intenso collegamento tra i sistemi alpini ed appenninici. Da un punto di vista esclusivamente tecnico, il periodo tra le due guerre non porta grandi innovazioni, le nuove scoperte riguardavano piuttosto le sperimentazioni sugli elettrodomestici, sulle apparecchiature sanitarie e sulla tv mentre,

dall'altro lato, paradossalmente, si iniziava l'elettrificazione di alcune zone del Mezzogiorno. La rete di scambi a livello regionale e interregionale era diffusa, ma in grado di sostenere collegamenti non superiori a 150-200 Km, ben lontana dunque era l'adozione della tensione a 220 kV (altissima tensione) in grado di coprire distanze di 400 Km dal luogo di generazione.

Nonostante tale ritardo registrato nel nostro Paese, se confrontato con quanto stava avvenendo negli stessi anni all'Estero, bisogna ricordare che nel 1923 vi fu la prima applicazione della tensione a 220 Kv sulla linea costruita dalla Società idroelettrica Piemonte (SIP) che collegava il Trentino con la rete lombardo-piemontese.

La prima questione che interessa gli anni tra le due guerre è la costruzione di una rete nazionale.

Ma gli ingegneri che si trovavano a gestire le reti notavano che al crescere dell'ampiezza si verificano inaspettati problemi di sicurezza e di



147

interruzione del servizio, per cui la costruzione di una rete nazionale era ancora lontana dal potersi concretizzare così come la realizzazione di uno dei più ambiziosi progetti degli anni Venti, la creazione di una grande dorsale che potesse collegare il Nord con il Sud.

Se la creazione di una unica linea nazionale, ad altissima tensione, non poteva essere in quel momento realizzata, si preferì costruire linee a tensione più limitata, destinate alla media distribuzione, alle quali affiancare, al bisogno, linee a più alta tensione.

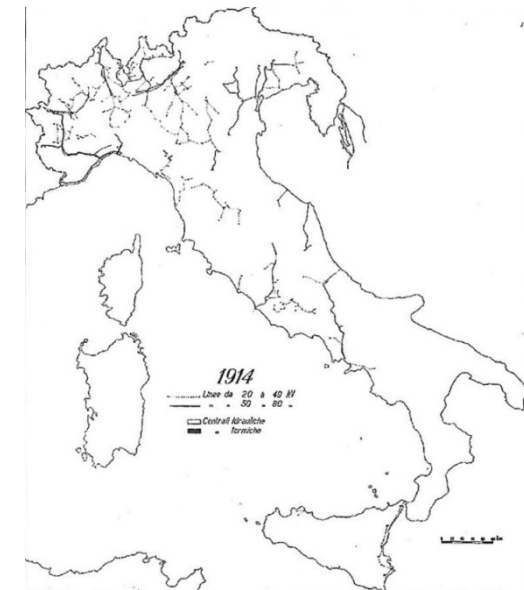
Si scelse inoltre di destinare alcune macchine appartenenti ad una stessa centrale al servizio di più zone, senza per questo dover connettere le due zone fra loro.

La seconda questione che interessa gli anni Venti e Trenta è quella dell' "elettrificazione rurale" infatti, come si vedrà meglio più avanti, le maggiori e più diffuse applicazioni dell'elettricità erano state tutte pensate e destinate ai centri urbani.

Complice anche il fascino che l'elettrificazione stava esercitando sulla società, e sulla spinta sia politica che delle classi dirigenti agricole, si iniziò a promuovere tutta una serie di programmi ed azioni con lo scopo di modernizzare la campagne, meccanizzare le attività agricole e togliere dall'arretratezza tecnologica le popolazioni rurali, promuovendo l'uso dell'energia elettrica per le più disparate attività lavorative, con il duplice scopo anche di far accettare socialmente la "nuova" tecnologia, i cui elementi costituenti avrebbero avuto un forte impatto sul territorio a volte giungendo anche a modificarne gli iniziali utilizzi agricoli.

Il programma di elettrificazione rurale, cominciato in piccola parte negli anni Trenta, vivrà la sua fase di pieno sviluppo solamente durante gli anni Sessanta, anni in cui avvenne la cosiddetta "nazionalizzazione" del sistema elettrico.

Riassumendo, l'energia elettrica nel corso di questi primi cinquanta anni di analisi ha attraversato diverse fasi: negli anni a cavallo tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento,



La rete elettrica italiana nel 1927



l'epoca degli sperimentalismi, essa ha rappresentato la novità, l'oggetto di curiosità, il simbolo di modernità. Agli inizi degli anni Venti finisce l'epoca dell'entusiasmo, la nuova scoperta tecnologica si dà come acquisita e, grazie alla sua trasportabilità, la sfida è quella di estendere le reti (processo che ha incontrato non poche difficoltà e che si riterrà concluso pienamente soltanto in epoche recenti) e di diffondere l'elettricità sia in città che in campagna con il fine ultimo di farla diventare un bene di uso quotidiano.

L'estensione e la diffusione del sistema elettrico sia in aree urbane che rurali ha portato nel corso degli anni Venti a profonde modificazioni della morfologia del territorio, che diventa via via funzionale agli usi elettrici: ed ecco comparire le grandi centrali, i pali e i tralicci delle linee aeree, le opere per deviare il corso dei fiumi e le dighe per immagazzinare l'acqua, intere vallate con case e boschi subivano allagamenti dell'acqua raccolta nei bacini di carico, ampie porzioni di territorio espropriati per fare posto alla costruzione delle

centrali (caso emblematico sono i latifondi calabresi). Elementi cui gli occhi contemporanei sono abituati – e che sono in realtà il frutto di decenni di esperimenti e sfide - hanno trasformato per sempre l'assetto e la percezione del paesaggio; in altre parole, essi rappresentano il “pegno” per il progresso e per la disponibilità di un bene primario di uso quotidiano come l'elettricità.

La situazione della rete elettrica in Italia al momento della “nazionalizzazione” (con questo termine si intende, semplificando, il processo di unione delle varie reti regionali esistenti), è fondamentale per comprendere il complesso processo della creazione di un'unica rete nazionale, portato avanti dal nuovo ente nato nel 1963, l'Enel.

Tale processo risulta ancora più complesso se si pensa che, agli inizi degli anni '60 ciascuna delle reti esistenti godeva di un suo proprio assetto e disegno (e ciascuna era appartenente ad una delle diverse società esistenti fino a quel momento, che si rapportavano fra loro solamente

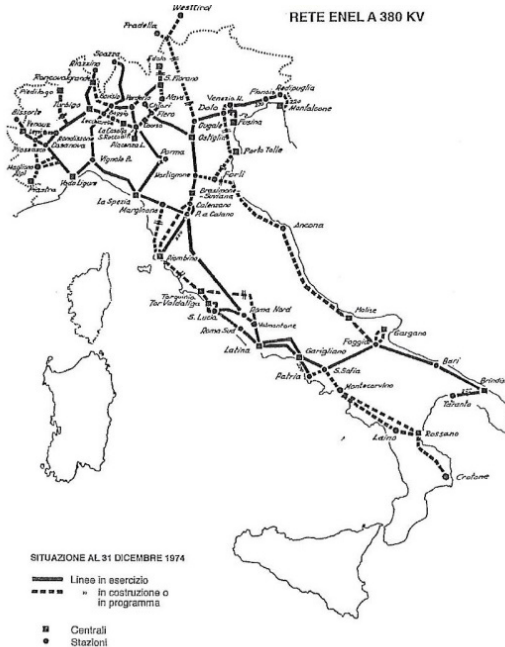
in occasione di interscambi di energia quando necessario) e che alla fine del 1962 ancora 1.700.000 italiani vivevano in territori dove non arrivava il servizio elettrico, distribuiti in maniera disomogenea per tutto il Paese.

Parlare di interconnessione prima della nazionalizzazione era assolutamente impensabile, soltanto il periodo tra le due guerre rese possibile ciò che in tempi normali non sarebbe stato attuabile e cioè stabilire le prime regole di interconnessione: uno dei risultati di questo processo fu la costruzione di una dorsale a tensione 220 kV che collegava le regioni a Nord con la Sicilia per mezzo della costruzione di un elettrodotto che correva attraverso lo Stretto di Messina ad opera della SME durante gli anni Cinquanta.

Ad ogni modo, la situazione che Enel si trovò davanti era il risultato di una storia antica, e la rete era in realtà costituita da una giustapposizione di reti appartenenti ai diversi operatori del settore e di una distribuzione che



Carta delle linee elettriche ENEL di trasporto e interconnessione a 220 e 380 kv – situazione al 31 dicembre 1964



Rete ENEL a 380 kv – situazione al 31 dicembre 1974



Rete ENEL a 380 kv – situazione al 31 dicembre 1973



Rete ENEL a 380 kv e 220 kv – situazione al 31 dicembre 1990

serviva quasi esclusivamente gli utenti finali di aree ricche.

Il nuovo Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, nato con la missione di portare l'energia in tutto il territorio nazionale, al momento della sua creazione si trova anche a dover affrontare la crisi dovuta alla scarsità di risorse idriche dovuta ad un periodo di magra nell'estate-autunno del 1962, ed è in questo frangente che l'interconnessione tra i vari sistemi riesce a salvare l'Italia dal razionamento energetico.

Grazie a questa operazione, infatti, l'ENEL fu in grado di gestire la produzione di energia elettrica tra i vari impianti già esistenti e anche di collegarli con l'Estero.

Agli inizi degli anni Sessanta la rete elettrica, come abbiamo mostrato toccando le principali tappe della sua evoluzione, era abbastanza estesa sull'intero territorio:

- la rete a bassa tensione (130-150 kV) si estendeva per 24.722 km, contro i 14.019 del 1945; questa tra il 1963 e il 1990 aumenterà del

60% poiché sarà destinata alla funzione di distribuzione

- le rete a media tensione (220 kV) si estendeva per 10.805 km, contro gli appena 961 del 1945; tra il 1963 e il 1990 aumenterà solo del 26,7%, e ad essa verrà affidato inizialmente il compito, poi delegato alle rete a bassa tensione, di distribuzione

- la rete ad alta tensione si estendeva per soli 169 km; facendo un balzo in avanti con gli anni, necessario a comprendere i motivi di tale estensione, nel 1990 le funzioni di trasmissione e interconnessione sarebbero state garantite dalla rete a 380 kV che era infatti arrivata, dagli iniziali 169 km del 1963, agli 8.232 km, in termini di lunghezza delle linee (più precisamente, delle terne). Questa infatti provvedeva a trasmettere l'energia elettrica dai centri di produzione ai centri di consumo, nonché, come già accennato ad implementare gli scambi con gli altri paesi europei. La rete di interconnessione cui stava lavorando l'ente poteva altresì modulare la



Elettrificazione rurale ad Ariano Irpino (Avellino), 1964
Fonte: Matteo Gerlini, *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico Enel, Roma, 2012



Rappresentazione delle reti aeree e in cavo alle tensioni di 380 kV e 220 kV.
Tavola del settore IV.
Fonte: Atlante Terna. Atlante Nazionale della rete elettrica.

corretta programmazione degli impianti nazionali, a seconda della domanda giornaliera.

Tre questioni strettamente legate alle dinamiche di trasformazione del territorio assorbiranno gli sforzi dell'Ente appena nato, in un arco temporale che va appunto dal 1960 ai giorni nostri; oltre alla creazione della rete nazionale così come illustrata, i temi affrontati avrebbero riguardato: l'elettrificazione rurale (solo in parte riuscita durante gli anni Trenta), la sicurezza degli impianti idroelettrici e le alternative al sistema idroelettrico quali, come abbiamo visto nucleari e applicazioni da fonti rinnovabili.

La nazionalizzazione del sistema elettrico nasce anche a seguito di un dibattito parlamentare, il 17 novembre 1963, in cui la Camera dei Deputati approvò tale provvedimento, con lo scopo oltre a quelli già visti di distribuire uniformemente sul territorio la corrente elettrica (basti pensare che al 1957 circa il 30% degli abitanti del Mezzogiorno non disponevano di elettricità per uso domestico), facendo partire la campagna di elettrificazione rurale inserita nel II Piano Verde.

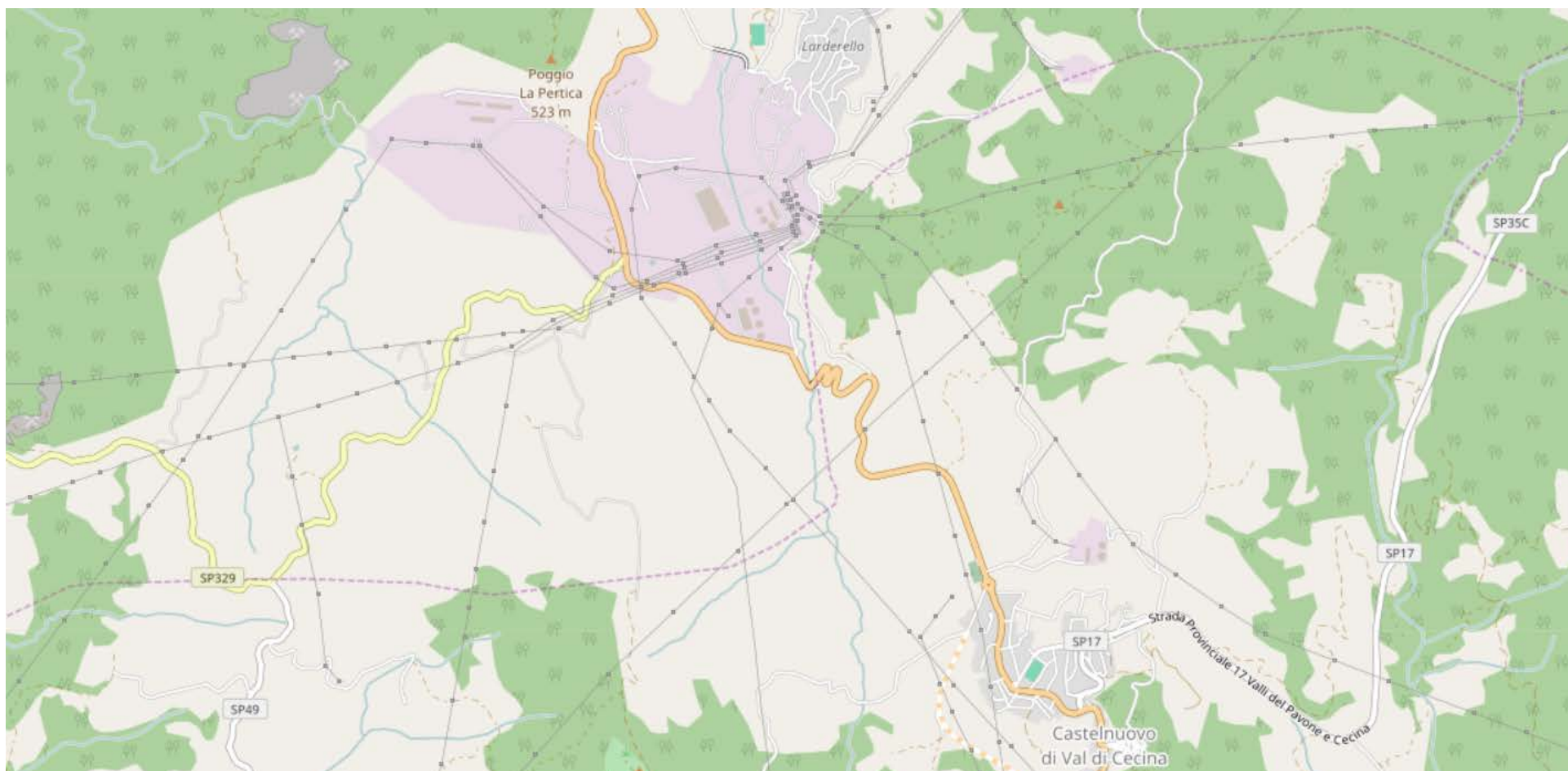
Alcuni dati sono utili per comprendere la portata dell'iniziativa:

- al 1965, all'inizio della campagna, vi erano circa 1.210.00 abitanti residenti in case sprovviste di elettricità, e circa 490.000 quelli residenti solo stagionalmente
- al 1971, quando si decise di ripetere l'indagine per monitorare i risultati dell'iniziativa, i residenti permanentemente erano 656.00 e 443.000 quelli stagionali
- verso la fine della campagna, a fine degli anni '80, e considerando sia le opere portate a termine che quelle finanziate e che sarebbero state portate avanti fino agli anni '90, rimanevano solo 130.000 abitanti con residenza permanente e 150.000 i residenti solo stagionalmente in case sparse.

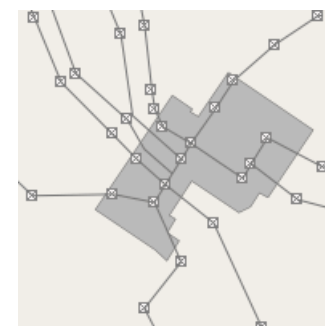
Effetti della campagna non furono solo la fine dell'esclusione di ampie aree non servite dall'elettricità, ma anche un generale processo di modernizzazione che interessò le popolazioni rurali e isolate, sia per ciò che concerne la vita

civile che per la meccanizzazione delle attività agricole.

Se al programma di elettrificazione aggiungiamo anche tutto il processo di urbanizzazione e implementazione dei collegamenti con la realizzazione di nuovi collegamenti urbani ed extraurbani, non è difficile immaginare le trasformazioni che stava subendo il paesaggio negli anni del boom economico; in alcuni casi il "paesaggio elettrico" e artificiale arriva a snaturare e a imporsi sul paesaggio naturale. Ma, come anche illustrato in precedenza, i benefici derivanti dal sistema elettrico che portava dietro di sé novità quali cinema, elettrodomestici, televisione, oltre alla possibilità di poter sfruttare le ore notturne grazie all'illuminazione stradale, solo per citarne alcuni, agevolarono l'accettazione dell'espandersi della rete e dei suoi impianti, consegnandoci un territorio artificiale di cavi, tralicci, stazioni sovrapposto al territorio naturale.



Rappresentazione della rete elettrica in cui è possibile vedere lo sviluppo degli elettrodotti sul territorio. Fonte: "Open Street Map"



dettaglio della rappresentazione degli elementi sulla mappa

I concorsi per il *restyling* della rete

L'aspetto estetico degli elementi che compongono l'infrastruttura elettrica è stato motivo di ricerche degli ultimi venti, trenta anni, nel corso dei quali si sono susseguiti concorsi per la progettazione degli elementi puntuali quali i tralicci degli elettrodotti.

Tali elementi spesso suscitano problematiche di impatto e compatibilità ambientale e sono normalmente progettati dalle stesse aziende elettriche rispettando il più delle volte i soli criteri di funzionalità e sicurezza delle strutture.

Con l'obiettivo di minimizzare l'impatto sul paesaggio, alcune aziende elettriche hanno indetto concorsi di progettazione di nuovi tralicci, invitando a partecipare architetti di fama internazionale, magari in occasione di operazioni di bonifica dei propri impianti ovvero in previsione dell'abbattimento di quelli più obsoleti da sostituire con nuovi sistemi.

Concorso Enel *Sostegni per l'ambiente*, 1998

È questo il caso del concorso *Sostegni per l'ambiente*, indetto nel 1998 da Enel Distribuzione, cui hanno partecipato Aldo Aymonino, Achille Castiglioni, Michele De Lucchi, Norman Foster, Giorgetto Giugiaro, Corrado Terzi, Jean Michel Wilmotte.

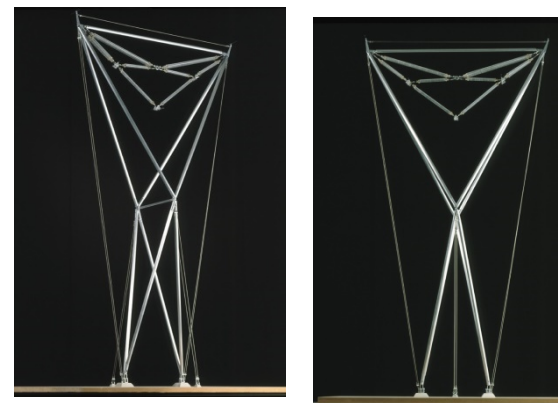
Enel non ha imposto alcuna specifica limitazione se non il rispetto delle specifiche tecniche relative alla normativa applicabile su questo tipo di opere, come ad esempio altezza minima dal suolo dei conduttori, le distanze fra i cavi, i carichi trasmessi dai conduttori ecc..

I vincitori del concorso, i cui progetti sono sfortunatamente rimasti solo su carta, sono risultati a pari merito gli studi Castiglioni/De Lucchi e Foster and Partners.

Come si legge in un commento dell'architetto Michele De Lucchi: «Può sembrare facile infatti sorreggere dei cavi che possono assomigliare a



Achille Castiglioni e Michele De Lucchi, con Sezgin Aksu e Geert Koster, Traliccio per l'alta tensione, Enel Distribuzione, 1998. Rendering
Fonte: Archivio Michele De Lucchi www.archive.amdl.it



Achille Castiglioni e Michele De Lucchi, con Sezgin Aksu e Geert Koster, Traliccio per l'alta tensione, Enel Distribuzione, 1998. Modello in scala. Ph. Luca Tamburini, diapositiva, colore, 10x12
Fonte: Archivio Michele De Lucchi www.archive.amdl.it

corde per distendere la biancheria: basta puntellarli qua e là che se ne stanno belli tranquilli ben alzati da terra. Ma fare questo con dei cavi dove corre l'elettricità è cosa ben diversa, al di là infatti del peso e del movimento creato dal vento bisogna garantire la solidità della struttura anche in relazione ai possibili dislivelli del terreno, alle curve, alle angolazioni che una linea di alta tensione deve poter avere nel suo percorso.»¹.

Concorso Terna *Tralicci per il futuro*, 2010

Un'altra azienda elettrica che ha indetto un concorso per la progettazione di una nuova generazione di sostegni è stata Terna, con il concorso *Tralicci per il futuro*, conclusosi nel 2010 e che ha visto come vincitore lo Studio Rosental, capeggiato dall'architetto Hugh Dutton, con il palo "Germoglio".

I requisiti cui i partecipanti al concorso hanno dovuto attenersi sono stati: idoneità tecnico-funzionale, flessibilità d'impiego, ovvero la possibilità di utilizzare il sostegno in contesti e situazioni differenti, considerata anche la

frequente necessità di tracciati non rettilinei e della forte antropizzazione del territorio, il minimo impatto ambientale, cioè una ridotta visibilità del sostegno rispetto agli attuali standard, la tecnologia realizzativa che persegua una logica di fattibilità industriale, e infine esercizio e manutenzione.

Nel giugno 2013 sono stati installati i primi "germogli" sulla linea Trino-Lacchiarella tra Piemonte e Lombardia.

Concorso *Icelandic High-Voltage Electrical Pylon International Design Competition*, 2008

L'ultimo concorso che si vuole qui citare è l'*Icelandic High-Voltage Electrical Pylon International Design Competition* del 2008. La volontà dello studio di architettura Choi+Schine Architects, vincitore del premio di riconoscimento, è stata quella di creare oggetti iconici che potessero configurarsi come dei monumenti nel paesaggio islandese. La flessibilità del sistema realizzativo porta i piloni



Foto dei pali "Germoglio" – Studio Rosental
Fonte: www.terna.it



Choi+Schine Architects, *The Land of Giant*, , immagini del progetto dei tralicci per il concorso "Icelandic High-Voltage Electrical Pylon International Design Competition", 2008
Fonte: www.choishine.com

ad assumere le figure e posizioni più svariate, permettendo variazioni di forma e altezza. Dagli esempi proposti si può quindi affermare che la ricerca sulle energie rinnovabili è e sarà il *leit motiv* che accompagnerà lo sviluppo di progetti legati al settore energetico. Pertanto la riflessione progettuale si dovrà confrontare con tali ricerche e tecnologie per poter dare vita a progetti in un'ottica di miglioramento qualitativo nella costruzione dell'ambiente.



Choi+Schine Architects, *The Land of Giant*, ,
immagini del progetto dei tralicci per il concorso
"Icelandic High-Voltage Electrical Pylon
International Design Competition", 2008
Fonte: www.choishine.com

Note:

¹ Dall'Archivio Michele De Lucchi – aDML archive: www.archive.amdl.it

Il capitolo si divide in cinque parti principali, ciascuna delle quali contenente un tema di riflessione.

All'interno del primo paragrafo verrà presentata la città al momento dell'arrivo della rete elettrica e le relative trasformazioni indotte in un arco temporale che va dalla prima introduzione del sistema elettrico nel 1880 fino al secondo dopoguerra. Si mostreranno le modalità dirette - come l'illuminazione pubblica - o indirette - come l'utilizzo dell'elettricità per i trasporti - con cui questa infrastruttura ha inciso sullo sviluppo della morfologia urbana, sul suo disegno e sui suoi usi.

Si darà spazio, inoltre, a tutti quei sistemi o elementi che interagiscono maggiormente alla scala della città, quali ad esempio le linee di bassa e media tensione, i sistemi per la pubblica illuminazione, le cabine di trasformazione e in parte anche le centrali di produzione.

Nel secondo paragrafo verranno proposte alcune "visioni di città" in cui l'elettricità ha assunto un ruolo promotore per lo sviluppo urbano.

Saranno poi proposte anche riflessioni e esempi sulla città attuale e su possibili modelli di città future.

Ho notato come, a prescindere dalla scala di intervento, l'attenzione al fattore energetico, che ha ricadute sul progetto delle infrastrutture, sia in molti esempi l'aspetto principale che guida la nascita o lo sviluppo di una città. Si può essere infatti tutti d'accordo sul fatto che la sola urbanizzazione non sia indice di sviluppo, se non gestita adeguatamente. In tali modelli di città gli utenti non subiscono l'infrastruttura elettrica, ma sono partecipi, possono interagire, hanno un ruolo attivo al contrario di quanto succede con i grandi impianti di produzione, che nella maggior parte dei casi possono portare a dinamiche di rifiuto legate magari all'inquinamento o all'impatto sull'ambiente.

Da quanto detto si può forse far derivare un *trend* di sviluppo che accompagnerà i prossimi decenni.

Esempi in tal senso sono forniti da tutte quelle riflessioni sulla "Smart City".

All'interno di questa si vengono a creare infatti tutte quelle condizioni affinché sia possibile rendere una città più "confortevole" tramite una rete *smart grid* che gestisca servizi innovativi volti al miglioramento della qualità di vita urbana. La rete elettrica in questo modello urbano è lo scheletro sul quale si appoggia la città: attraverso dispositivi ad essa collegati sarà possibile raccogliere informazioni dall'ambiente circostante, monitorare i beni culturali, garantire la sicurezza personale, gestire i consumi energetici, ricevere informazioni sul traffico e mobilità, ecc.

Un esempio in tal senso ci viene consegnato dall'esperienza di EXPO Milano 2015 – Smart City, città temporanea.

Vicina al concetto di "Smart City" è l'"Eco City", un altro dei trend affermatosi negli ultimi decenni del secolo scorso. Una "città ecologica" è una città costruita sui principi del vivere in accordo con l'ambiente. Obiettivo di tali modelli di città è la totale "decarbonizzazione" tanto che si parla in questi casi di città a emissioni zero.

Nelle eco-città sono infatti impiegati sistemi in grado di generare elettricità da fonti di energia rinnovabile, come turbine eoliche, pannelli solari, biogas, ecc.

Nella progettazione di tali modelli urbani, che si possono definire come “ipercittà” dell’energia elettrica, emerge con chiarezza lo sforzo teso alla definizione di un modello di sviluppo sostenibile. Tale linea di sviluppo passa proprio attraverso la progettazione di reti e infrastrutture parallelamente alla prefigurazione della città stessa.

Infine, verranno mostrati alcuni dei nuovi elementi e nuovi sistemi dell’infrastruttura elettrica in grado di dotare gli spazi urbani di nuovi significati e valori sia figurativi che funzionali. Questi nuovi elementi sono organizzati in sistemi diffusi, innestati all’interno del tessuto della città a dimostrazione di un nuovo, possibile, modo di produrre elettricità a scala locale.

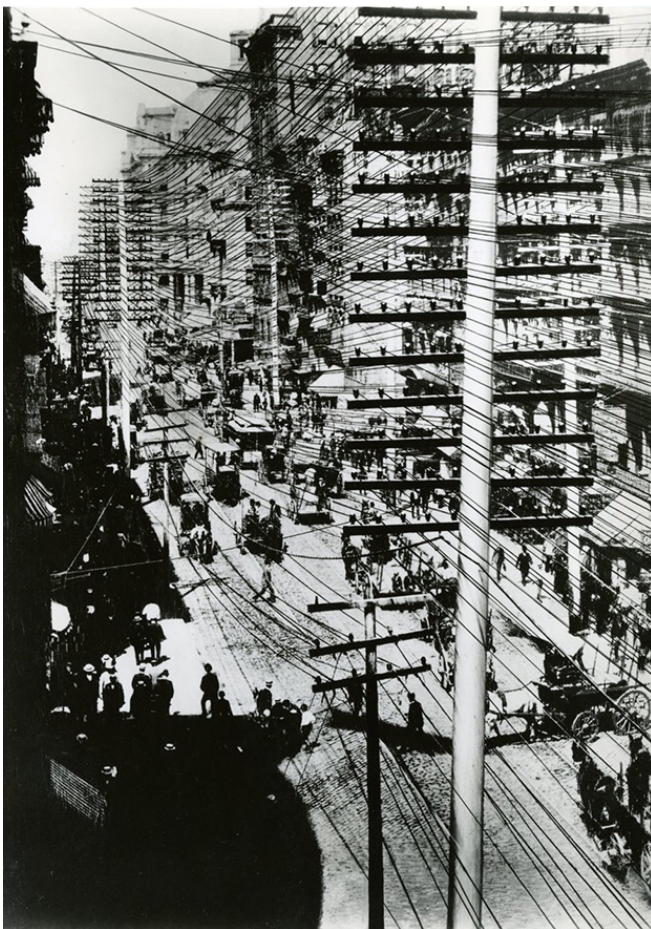


Foto storica di Vancouver, Canada, 1914

5.1 L'energia elettrica entra in città

Il fenomeno dell'elettrificazione, rispetto alle altre innovazioni in campo tecnologico, ha forse la peculiarità di essersi imposto nell'immaginario collettivo della società prima ancora del suo utilizzo effettivo. La diffusione delle notizie riguardo le scoperte in campo elettrico, le prime applicazioni dei pionieri dell'energia elettrica, e i suoi primi utilizzi, in una sola parola la "fama" della scoperta (o quello che abbiamo già ricordato essere il suo "fascino culturale"), ha notevolmente contribuito ad aprire la strada all'ingresso dell'elettricità nella vita quotidiana della città, e quindi al suo effettivo uso da parte del pubblico.

Ciò che non sfuggiva alla società della fine dell' '800 era la portata rivoluzionaria dell'introduzione dell'elettricità in città: la maniera in cui avrebbe influito radicalmente nel trasformare i modi di vivere, il sistema abitativo, le dimensioni spazio-temporali e le comunicazioni per merito di nuovi e più funzionali trasporti, molto di più, cioè, di quanto l'impressione iniziale poteva aver suggerito.

Va inoltre ricordato che le prime fasi del processo di elettrificazione corrisposero in Italia alla prima fase dell'industrializzazione e che, come abbiamo visto, erano grandi le aspettative di un miglioramento della condizione economica nazionale grazie all'impiego del "carbone bianco".

L'elettricità ai suoi esordi si manifesta agli occhi della società essenzialmente sotto due forme principali di applicazione: la luce e la mobilità, ovvero l'illuminazione elettrica stradale e commerciale, e il sistema del trasporto pubblico su ferro.

Come si dirà più avanti, tale rivoluzione interessò dapprima solamente le aree più ricche della città, per poi progressivamente estendersi al ceto medio e infine ai quartieri più popolari, di pari passo con l'evoluzione del tessuto urbano iniziata a partire dalla seconda metà dell'Ottocento e di cui, appunto, gli usi dell'elettricità si sarebbero fatti simbolo.

L'introduzione dell'elettricità nella vita cittadina influì sulla percezione della città stessa, in

particolare la sera, allungando i ritmi di vita quotidiana senza quasi più dover badare alla distinzione tra giorno e notte, rendendo fruibili negozi e locali, vedendo scomparire alcune delle routine della vita di tutti i giorni (come ad esempio l'accensione serale dei lampioni a gas). L'installazione dei primi impianti e la diffusione dell'energia elettrica giocarono un ruolo cruciale nelle trasformazioni dell'ambiente e della società. Come accennato, si iniziò con l'illuminazione dei locali pubblici e, in seguito, delle strade.

163

L'illuminazione in sé per sé è sempre stata presente nelle città, la novità risiede da un lato nel fatto che venne introdotta una vera e propria rete infrastrutturale, possibile solo grazie ad un progresso tecnologico (un conto è avere un sistema manuale di accensione dei lampioni ogni sera, un conto disporre di un sistema automatizzato e più efficiente), dall'altro perché l'iniziativa fu presa per ragioni di sicurezza, quindi per fornire un servizio, per prevenire il rischio di incendi dovuto alla combustione di olio o gas per le lanterne e per garantire una città

fruibile anche di notte in tranquillità, per estendere dunque il *comfort* della casa all'intera città.

Milano è la prima città in cui fu possibile vedere le prime applicazioni dell'energia elettrica: nel 1880 venne infatti illuminato, con quattro lampade ad arco, il salone del Caffè Gnocchi, nella Galleria Vittorio Emanuele, la quale solo un anno dopo venne accesa con venticinque lampade in occasione dell'Esposizione Internazionale.

La scelta di illuminare la Galleria non fu presa per caso, questa rappresentava infatti il luogo simbolo di quella borghesia nascente che, anche attraverso le nuove scoperte tecnologiche, poteva affermare il proprio status sociale ed economico. Nonostante l'evento si potesse dire certamente riuscito, permanevano dei problemi riguardanti il flusso luminoso.

Negli anni successivi, il sistema si perfezionò grazie alle altre opere di illuminazione che si susseguirono una dopo l'altra: nel febbraio del 1882 fu illuminato il ridotto del Teatro alla Scala,

nel luglio dello stesso anno il Caffè Biffi, altro storico locale milanese, e a novembre i negozi posti sotto i portici del palazzo sul lato nord di piazza Duomo.

Proprio piazza Duomo in realtà era già stata illuminata prima del 1880: nel 1876 fu infatti condotto un esperimento in cui la facciata del Duomo venne illuminata con un potente faro elettrico. L'esperimento non soddisfò nessuno dei pionieri che lo realizzò, per questa ragione la nascita della "città elettrica" si fa coincidere con il 1880, anno dell'illuminazione del Caffè Gnocchi.

Sono proprio i luoghi di ritrovo, ma in particolare il teatro, come in occasione di ogni prima applicazione di una nuova scoperta, il terreno di prova per l'inaugurazione delle sperimentazioni in campo elettrico. Prima ancora che per le strade, infatti, le prime batterie di pile e lampade erano state impiegati sulle scene per ottenere una sorta di "effetto speciale". Non sorprende, dunque, che le prime applicazioni anche al di fuori del palcoscenico abbiano visto il Teatro alla

Scala come uno dei primi "monumenti" ad essere illuminato.

Nel frattempo l'illuminazione non era limitata solo ai teatri o ai caffè, ma si diffondeva per le strade: oltre agli interventi già citati, infatti, la città continuava ad essere progressivamente elettrificata, ad essi si sommarono nel 1885 l'illuminazione di corso Vittorio Emanuele, via Manzoni, Santa Margherita e l'attuale via Mazzini.

La nuova scoperta influì notevolmente su vari aspetti della città e della società del tempo: incise sul fenomeno della socializzazione urbana, in quanto l'elettrificazione partì proprio dai luoghi di ritrovo della vita cittadina, luoghi nevralgici di aggregazione e di vita sociale; l'illuminazione era essenziale per la sicurezza del traffico e dei cittadini; l'impiego dell'elettricità aveva dato impulso alla produzione industriale e commerciale e, in particolari casi, ad un maggiore comfort domestico.

Gli esempi delle applicazioni in campo dell'illuminazione non solo ebbero un grande

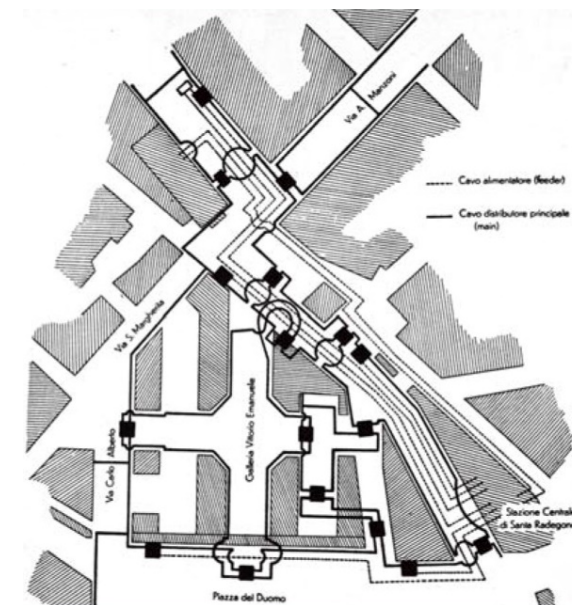
successo, ma suscitavano curiosità e interesse nei confronti del pubblico che li poteva ammirare. Sul "Corriere della Sera", nei giorni 19 e 20 novembre 1882 si poteva leggere: *«La luce che producono tali fiammelle è viva, chiara e limpidissima e non offende gli occhi né punto né poco. Il confronto con tutto il resto del portico illuminato a gas è la più bella dimostrazione a favore della luce elettrica: voltandosi indietro verso piazza Mercanti, pare di vedere il sotterraneo del quarto atto dell'Aida, tanto i pilastri s'inombrano di tinte nere e si tingono di lividi riflessi. Dell'illuminazione non esageriamo punto dicendo che ha veramente meravigliato. Coloro che si propongono di applicare l'illuminazione elettrica su grande scala nella nostra città hanno vinto iersera una grande battaglia»*¹.

L'illuminazione di strade, piazze, luoghi di ritrovo, giardini, locali, teatri, chiese, trasforma la città in una sorta di museo *en plein air*, diffuso, i centri urbani illuminati di notte cambiano il proprio

aspetto e la percezione muta agli occhi di chi li guarda.

L'elettricità aveva dunque mosso i suoi primi passi in città, e a testimonianza di quanto i tempi fossero maturi per l'espandersi del sistema, nel 1883 sempre a Milano, venne costruito il primo impianto centrale in Europa, una centrale termoelettrica di tre piani nel centro della città, vicino piazza Duomo, in un isolato compreso tra le vie dell'Agnello e di Santa Radegonda, dopo l'acquisizione di un vecchio teatro dismesso.

La costruzione della centrale non fu certo esente da critiche rispetto soprattutto all'ubicazione dell'impianto nel pieno centro storico di Milano, di quanti si lamentavano per le vibrazioni e le esalazioni di gas emesse che avrebbero potuto danneggiare lo stesso Duomo, e per il fatto che durante la sua realizzazione non sarebbero stati tenuti in considerazione alcuni reperti archeologici. Tali moti di dissenso non furono comunque sufficienti ad ostacolare la realizzazione della centrale, dimostrando non solo la portata dell'effetto psicologico sui



Prima rete di distribuzione della Società generale italiana di elettricità Sistema Edison, Milano, 1883
Fonte: Matteo Gerlini, *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico Enel, 2012

cittadini, ma anche l'effetto dell'elettificazione sulla morfologia urbana e la capacità di modificare i centri abitati. Per la prima volta entrava infatti in città un nuovo tipo di funzione, e anche una nuova tipologia di edificio, che seguendo la scelta dell'ubicazione avrebbe dovuto convivere con gli edifici storici del centro cittadino. Inoltre, nel 1889, a distanza di sei anni dalla prima, venne realizzata una seconda centrale in città, in via Giambattista Vico.

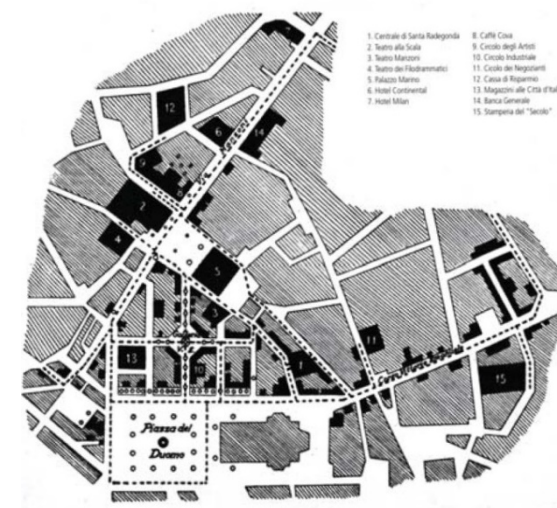
Nel 1886 entrava in funzione la centrale idroelettrica Acquoria di Tivoli che sarebbe stata negli anni successivi ampliata e potenziata grazie all'installazione di nuove turbine e ad una maggiore tensione di trasmissione sulla linea Tivoli-Roma. Nel 1892 l'elettricità entrava a Roma, nella stazione ricevente di Porta Pia, ad una tensione di 5000 V e lì veniva trasformata a 2000 per servire sia l'illuminazione pubblica che quella privata che andava man mano diffondendosi, le utenze private poi, disponevano di un ulteriore trasformatore per abbassare ulteriormente la tensione.

Fu un evento unico nel suo genere poiché si trattava della prima linea a corrente alternata (come si ricorderà, l'applicazione della corrente alternata permise di coprire lunghe distanze) di tale tensione mai realizzata.

Contemporaneamente venivano elettrificate anche Palermo, Messina, Genova, Firenze, Bologna.

Venezia ospitò un intervento del tutto simile al progetto per la centrale in via Santa Radegonda a Milano: l'impianto della città lagunare era situato in centro città, tra piazza San Marco e il Campo San Luca, in uno spazio di appena 500 mq di superficie, posto di fianco a un canale. Al pari dell'esperienza meneghina, l'impianto fu messo in funzione, nel 1890, per illuminare il Teatro Malibran, alcuni negozi e nel 1893 anche il Teatro La Fenice.

Quindici anni dopo Milano, l'elettricità fa il suo ingresso a Bologna seguendo le stesse tappe della città lombarda che di quella veneta: dapprima caffè, teatri, negozi, portici e i principali



Impianti di illuminazione elettrica alimentati dalla centrale di via Santa Radegonda, fine del 1885
Fonte: Matteo Gerlini, *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico Enel, 2012

luoghi di ritrovo, poi l'illuminazione urbana e l'elettrificazione dei trasporti.

L'elettrificazione dei centri urbani, seguiva dunque una medesima logica di sviluppo. Le differenze dei tempi e dei modi di realizzazione però dipesero da un fattore molto importante, che già si è analizzato nel paragrafo precedente: l'accettabilità sociale della scoperta.

I limiti posti allo sviluppo, in questa prima fase di espansione del sistema elettrico in città, dipesero proprio dalle modalità di interazione tra l'innovazione tecnologica e l'organizzazione sociale nella quale si affermava.

Le città seguivano un tipo di logica espansionistica di tipo "haussmanniano", che rispondeva ad una precisa gerarchia urbana: la decisione di sviluppare di più determinate aree piuttosto che altre mostrava la subordinazione nella quale venivano relegate le classi lavoratrici e più povere della società e di rimando il controllo che su queste gli strati più potenti volevano mantenere. Il non omogeneo diffondersi delle applicazioni dell'energia elettrica

portarono una larga parte della popolazione ad essere esclusa dal progresso: l'illuminazione riguardava solo il centro della città, così come i negozi e i caffè più prestigiosi, e solo le abitazioni di una certa parte di élite erano dotate della luce, mentre totalmente isolate e prive di elettricità rimanevano le zone più popolari.

Inoltre, nel caso di Bologna in particolare, gli interessi forti dell'agricoltura limitarono fortemente l'espandersi e il completo sviluppo del sistema.

Ad ogni modo, negli anni a cavallo tra '800 e '900 in tutte le maggiori città italiane come Milano, Torino, Firenze, Genova e Napoli si costruivano quartieri, si estendevano i servizi primari quali acqua e gas oltre alla rete dell'energia elettrica. Iniziavano a essere sostituiti i vecchi trasporti pubblici a cavalli con i tram a trazione elettrica, e ogni città di una certa importanza aveva la sua propria azienda di produzione e distribuzione di elettricità, e siccome il problema del trasporto dell'energia a lunga distanza iniziava appena in quegli anni ad

essere studiato, come abbiamo visto nel paragrafo relativo al territorio, ogni azienda costituiva un nucleo a sé.

Questi primi impianti, inoltre, erano costruiti ciascuno per servire un'utenza differente: per l'uso industriale da un lato, e civile dall'altro, a sua volta suddiviso tra il commerciale e, in minima parte, anche domestico.

La città si stava progressivamente affermando non solo nell'immaginario collettivo, come il luogo della sicurezza, del benessere economico, simbolo del progresso, in contrapposizione con l'immagine della campagna, e questo fu uno dei motivi per cui in quegli anni stava crescendo sempre di più il sogno di una vita in città che avrebbe favorito, come vedremo più avanti, il fenomeno dell'urbanesimo.

E tale ondata di progresso stava investendo tutte le grandi città europee: ad esempio Parigi in occasione dell'Esposizione Internazionale del 1881 divenne la capitale dell'elettricità, non a caso fu soprannominata la Ville Lumière. Il Comune, già favorevolmente schierato dalla

parte del nuovo sistema elettrico, lo adottò definitivamente puntando su un'operazione di rapida elettrificazione urbana, anche a seguito dell'incendio che colpì il Teatro dell'Opéra causato dall'uso del gas.

L'organizzazione della città dipendeva in modo diretto dalla gestione del sistema elettrico: Parigi venne divisa in sette settori che furono affidati in concessione alle varie aziende che gestivano il servizio.

Stessa situazione si presentò a Londra: la città venne suddivisa in zone, ciascuna della quali aveva una propria centrale e una propria rete (il collegamento tra le varie centrali e zone avvenne solo nel 1908).

La città diventò il luogo dello sperimentalismo, il banco di prova della nuova scoperta. Oltre ai maggiori "luoghi sacri" cittadini quali teatri, musei, parchi, la luce artificiale cominciò a essere usata per insegne luminose e pubblicità, e venne man mano introdotta nei grandi magazzini. La luce inizia qui ad essere studiata in modo da permettere una illuminazione efficace

e mirata, che doveva servire ad aumentare le vendite aiutando il consumatore nella scelta dei prodotti proprio come se egli stesse comprando alla luce del sole.

La rete poneva all'attenzione degli ingegneri elettrici anche questioni relative alla sicurezza degli impianti e alla loro manutenzione, specialmente in caso di guasti o sostituzioni.

Le condutture degli impianti erano, in particolare nei paesi europei, collocate sotto al terreno, per tale ragione i cavi dovevano essere ben isolati dal suolo umido che poteva fungere da buon conduttore. Al fine di contenere le spese derivanti da speciali rivestimenti dei cavi (come ad esempio il ferro), si decise di collocare tutte le condutture all'interno di condotti chiusi che correvano nel sottosuolo, il che consentiva risparmi maggiori non solo sul costo dei materiali di rivestimento ma anche sui lavori di sostituzione in caso di guasti, senza dover necessariamente movimentare il terreno. La soluzione più idonea si rivelò la costruzione di gallerie sotterranee già in uso nelle città



La centrale di via di Santa Radegonda in una foto d'epoca.
Fonte: Archivio Edison www.edisonstart.it

europee, per il passaggio dei tubi del gas, che avrebbero così evitato di smantellare le pavimentazioni in occasione di eventuali ispezioni sulle condutture.

Il processo di elettrificazione, con lo studio relativo alla sicurezza degli impianti e all'isolamento dei cavi, la ricerca sui pali e sui tracciati che sarebbero serviti anche per le reti telegrafiche e in seguito telefoniche, stava guidando lo sviluppo delle reti aeree e sotterranee in città.

Si comincia dunque in questi anni a interpretare il sottosuolo come spazio funzionale per la città, atto a collocare funzioni di tipo tecnico, non solo la rete "fisica" dell'elettricità, ma anche, come vedremo, quella dei trasporti sotterranei.

Infatti, una delle principali scoperte in campo elettrico, destinata ad avere un profondo influsso sulla forma della città e dei suoi usi, fu rappresentata proprio dalla possibilità di impiegare l'elettricità per il trasporto, dimostrata agli inizi degli anni '80 dell'Ottocento da Werner von Siemens. Il primo tram elettrico venne

presentato a Roma nel 1890, ma già alla fine del secolo il sistema si sarebbe diffuso in tutto il Paese.

L'introduzione dei trasporti elettrificati sancì il passaggio alla vera e propria società di massa, cambiando le abitudini e i tempi di vita, consentendo a migliaia di persone di spostarsi per esigenze di lavoro e anche nel tempo libero, grazie a collegamenti più rapidi e veloci.

Nel vecchio continente il sistema dei tram elettrici ebbe uno sviluppo meno rapido che negli Stati Uniti, e in generale fu un fenomeno molto diversificato da paese a paese.

Ma quale soluzione adottare per alimentare il veicolo? La scelta riguardava tre possibili modalità: il cavo sotterraneo, la batteria, il cavo aereo. Alla fine prevalse questa ultima soluzione, nonostante fosse antiestetica, ma meno costosa e più sicura rispetto al cavo sotterraneo.

Anche per questa scelta muta l'aspetto della città: essa si trova delimitata tra una sottostante maglia fatta di rotaie e una sovrastante maglia fatta di fili.

Nonostante le differenze interne a ciascun paese, ciò che emergeva era la volontà da parte di tutte le città di volersi dotare di una infrastruttura per il trasporto in linea con i tempi. Le reti di trasporto in generale, in questi anni, assumono una dimensione urbana, sono confinate alla scala della città, e al massimo arrivano ad estendersi un poco nel territorio metropolitano.

Accanto ai tram elettrici era stata introdotta un'altra piccola rivoluzione: il filobus, la cui prima applicazione avvenne nel 1903 con la messa in funzione di una linea di 1,4 km che da Pescara andava a Castellamare.

Prima dello scoppio della Prima guerra si potevano contare già trentadue città europee che avevano adottato tale sistema di trasporto per una rete che complessivamente si estendeva per 200 km.

L'importanza dei filobus si rivelò tanto più forte quando, nel periodo tra le due guerre, i problemi di traffico in città si fecero molto più rilevanti.

Un'elettricità non più applicata alle sole esigenze di illuminazione, ma estesa alla rete dei trasporti urbani, comportò un aumento del fabbisogno di energia che oramai si prestava a molteplici usi e che stava trasformando il tessuto e la morfologia delle principali città italiane ed europee. La rete dell'elettricità aveva caratteristiche diverse da qualsiasi altra rete conosciuta fino a quel momento, quale ad esempio quella degli acquedotti romani o dei sistemi fognari, o del gas.

Oltre ai trasporti di superficie si stava sempre più sviluppando tutta una rete di trasporti sotterranei, le cosiddette «catacombe elettriche»², ovvero le metropolitane a trazione elettrica; tutte le principali capitali europee quali Londra, Parigi, Vienna, Berlino e Budapest, si dotarono di reti di trasporto di superficie e sotterranee, dando vita ad un vero e proprio sistema di trasporti integrato.

Città quali Roma, Firenze e Milano si stavano dotando di una fitta ed efficiente rete tramviaria,

ma tale realizzazione darà forte impulso in particolare allo sviluppo urbanistico milanese.

Milano è esemplificativa di ciò che l'introduzione del trasporto elettrificato abbia significato in termini di trasformazione urbana, poiché fin da subito si rivelò come la città più sensibile al fascino del processo di elettrificazione.

Tra il 1897 e il 1899 venne elettrificata tutta la rete tramviaria della città che consentiva non solo i collegamenti interni ma anche verso le aree più periferiche ed esterne della città, a testimonianza di come la nuova forma di trasporto si inserisse in un quadro preciso di trasformazioni ambientali, oltre che sociali (più avanti si dimostrerà anche come le due innovazioni abbiano influito sul fenomeno dell'urbanesimo).

Nella città ambrosiana si intraprese una importante operazione di riassetto del centro cittadino: venne aperta una grande via tra piazza Cordusio e l'area del Foro Bonaparte, iniziativa che di fatto rappresentò la sovrapposizione del centro ottocentesco con funzioni rappresentative



Foto d'epoca di Milano, piazza Cordusio. Si notano i lavori in corso per la realizzazione dei binari per i trasporti elettrificati e una rete di fili aerei per il trasporto dell'elettricità.

e direzionali, al vecchio centro storico dal quale venivano progressivamente espulsi i ceti popolari che vi vivevano.

Proprio la realizzazione di piazza Cordusio richiamava la struttura del vecchio centro storico, e si allacciava alle porte antiche della città, Comasina, Orientale, Romana, Ticinese, Vercelliana, grazie a sei arterie principali.

La struttura radiale della città veniva conservata, dunque, allo scopo di collegare la città con i nuovi quartieri e periferie che stavano nascendo su un territorio più esteso. Tali collegamenti dovevano servire dunque per collegare il centro rappresentativo con i nuovi quartieri a vocazione industriale, sorti in seguito all'introduzione del sistema elettrico.

Si era in pratica formato un circondario esterno in cui erano localizzate le industrie e a cui la città di Milano si collegava per mezzo di collegamenti radiali; tale sistema diede impulso all'elettrificazione tramviaria e fu così che nel 1899 furono completate le ventuno linee che attraversavano il capoluogo lombardo, favorendo

le comunicazioni e lo spostamento dei lavoratori verso le zone industriali periferiche. A questo tipo di espansione urbana corrispondeva anche una precisa logica di espansione dell'illuminazione pubblica (sia per il centro che appunto per gli assi di collegamento).

Le nuove aree industriali, facilmente collegate con la città, favorirono il cosiddetto fenomeno dell' "urbanesimo", che portò la città milanese a incrementare la propria popolazione di circa 170.000 abitanti tra il 1887 e il 1911. I nuovi mestieri elettrici che stavano contemporaneamente nascendo, attirarono le popolazioni rurali che, dalle campagne, si trasferirono nelle zone periferiche della città costretti in condizioni di vita al limite.

Agli inizi del Novecento, Milano si trovava suddivisa in quartieri socialmente differenziati e così come la città lombarda, anche altri capoluoghi e grandi città si trovarono a subire più o meno lo stesso tipo di sviluppo, con un incremento pari quasi al doppio della popolazione urbana del secolo precedente e un

implemento della richiesta di servizi pubblici e elettrici urbani, come in una reazione a catena.

Una quota parte della nuova energia prodotta a seguito dell'aumento del fabbisogno, fu proprio destinata a risolvere il problema dell'espansione territoriale con nuovi agglomerati urbani.

Non è un caso che, al pari del sistema di trasporto urbano, la ferrovia subì un pari impulso.

Raggiungere la città dai luoghi più periferici aveva anche un valore simbolico: significava raggiungere le aree centrali destinate alle élite.

Alle soglie della Prima guerra mondiale, in altre parole, l'Italia stava vivendo una fase di rapida evoluzione.

Con l'incremento dell'illuminazione stradale urbana, si presentarono alcuni problemi di progettazione e fu per questa ragione che in alcune delle maggiori città del Paese, quali Milano, Torino e Roma nel 1928 si tennero corsi di formazione e aggiornamento per elettricisti ed installatori di lampade e impianti.

Ancora Milano si rese protagonista in questa fase: venne infatti allestito un "campo

sperimentale di illuminazione”, per volere delle Officine Elettrotecniche Italiane dell'ingegnere Arcioni.

All'interno di questo campus vennero condotti studi e prove su nuove tecnologie e metodi di illuminazione, vennero riprodotti tratti di strade reali in modo da poter testare alla giusta scala i nuovi materiali, impianti, lampade, sostegni ecc. Tutto ciò dovette servire non solo per provare il comportamento meccanico di alcune componenti, ma anche per sperimentare ipotesi di arredo urbano, per garantire una costruzione ottimale anche dal punto di vista estetico.

L'illuminazione delle strade, poi, veniva amplificata dalle luci dei negozi, in realtà delle vere e proprie vetrine che specialmente durante la sera continuavano a luccicare. Anche tali negozi cambiarono progressivamente il proprio volto in particolare a seguito dei progetti che il Bauhaus stava portando avanti in quegli anni e che avevano cominciato a diffondersi. Se prima la vetrina era solamente incassata in un telaio ligneo e di dimensioni ridotte, durante gli anni

Venti e Trenta assunse un aspetto più leggero e moderno, con materiali quali acciaio e plastica oltre ovviamente agli ampi e trasparenti vetri.

Durante gli anni Venti e Trenta inoltre si comincia a studiare il fenomeno luminoso con maggiore accuratezza e scientificità: si cominciano a distinguere e classificare le diverse fonti luminose, quali luci dirette, semi-dirette o semi-indirette, indirette; gli architetti si interessano sempre più alla disposizione e al tipo di luce da utilizzare nei diversi luoghi, all'interno delle case o sulle facciate degli edifici, fino alle illuminazioni pubblicitarie; tutto ciò concorre a sancire il completo dominio della materia “luce”.

Si sviluppa inoltre un'attenzione verso l'arredo urbano in generale, vennero progettate apposite lampade e candelabri per la città, fecero la loro prima comparsa i primi orologi elettrici, i primi semafori e altri strumenti atti alla regolazione del traffico che stava diventando via, via più crescente.

L'introduzione dell'energia elettrica in città aveva talmente tanto influenzato la sua trasformazione

e i suoi usi che, nel 1926 Milano era già alle prese con consistenti problemi derivanti dal traffico ma anche da una trama che correva sopra e sulla superficie della città: binari dei trami, linee di trasporto dell'energia e linee aree per tram e filobus.

Agli usi più “comuni” dell'elettricità se ne aggiunsero progressivamente degli altri: iniziarono ad essere illuminati le grandi strutture pubbliche quali stadi, ippodromi, i porti e gli aeroporti.

Le tappe che scandiscono il percorso della scoperta e della diffusione dell'elettricità si possono quindi sintetizzare in un'energia che alla fine dell'Ottocento è soprattutto luce, agli anni Venti scoperta acquisita tanto che poteva definirsi finito il periodo entusiasmi e degli sperimentalismi, così da diventare negli anni Trenta e Quaranta un bene stabile e diffuso, simbolo di modernità.

La Seconda guerra mondiale portò con sé anche la distruzione di un quarto della potenza installata nelle centrali, specialmente quelle

termoelettriche che a causa della loro vicinanza con i porti e zone industriali risultarono le più colpite.

I primi anni del dopoguerra furono impegnati dunque per la ricostruzione, giungendo nel giro di pochi anni non solo a ricostruire ciò che era andato distrutto ma anche a superare la condizione instauratasi prima del conflitto mondiale.

Dal punto di vista delle trasformazioni dei centri urbani tutto questo comportò l'arrivo dell'energia elettrica in aree che fino a quel momento non erano state interessate dal fenomeno, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, in particolare nel Sud e nelle isole.

Anche in questo frangente si assistette ad un contemporaneo impulso all'elettrificazione ed espansione ferroviaria, e dei trasporti urbani, con nuovi collegamenti e infrastrutture.

Gli anni che seguono la ricostruzione, coincidono con la fase di sviluppo economico del nostro Paese. Tra il 1948 e il 1953 sono tante e diversificate le novità introdotte, più o meno

collegate con la rete del sistema elettrico che resero ancora più attraenti le città rispetto alle campagne, con la conseguenza di una seconda ondata di urbanizzazione.

Tra queste novità troviamo in particolare la diffusione dei fornelli a gas liquido (la rete del gas comportò, al pari della rete dell'elettricità, una trasformazione della struttura cittadina, seppure sotterranea, con l'inserimento di tubazioni per il trasporto del gas nelle case), e il progressivo abbandono di tram e filobus quali mezzi di spostamento a favore della motorizzazione.

La scelta sempre più frequente di utilizzare un mezzo di trasporto proprio, quale l'automobile, per gli spostamenti quotidiani diede impulso notevole alla realizzazione di strade urbane e extraurbane per il trasporto su gomma, influenzando decisamente sulle scelte urbanistiche di quegli anni. Cambiano e si allargano le sezioni stradali e a bordo dei marciapiedi cominciano a comparire fasce destinate a parcheggio. Il tutto

concorre ad una nuova percezione dello scenario urbano.

La situazione delle città italiane negli anni Sessanta registra è di inarrestabile trasformazione urbanistica, ben oltre i limiti della città consolidata, accogliendo la seconda ondata di urbanizzazione iniziata già durante il decennio precedente, di fatto cancellando la storica contrapposizione tra città e campagna (l'elettrificazione rurale, dal canto suo, aveva comportato un aumento consistente delle strutture produttive e distributive nelle campagne).

Si trattò in realtà di un fenomeno che dipese da vari fattori: l'elettrificazione, la motorizzazione, e l'aumento della potenza termoelettrica. Quest'ultimo dato comportò l'espandersi non solo della rete elettrica ma anche di oleodotti e gasdotti nonché l'aumento dei collegamenti su gomma destinati anche al trasporto del combustibile fossile.

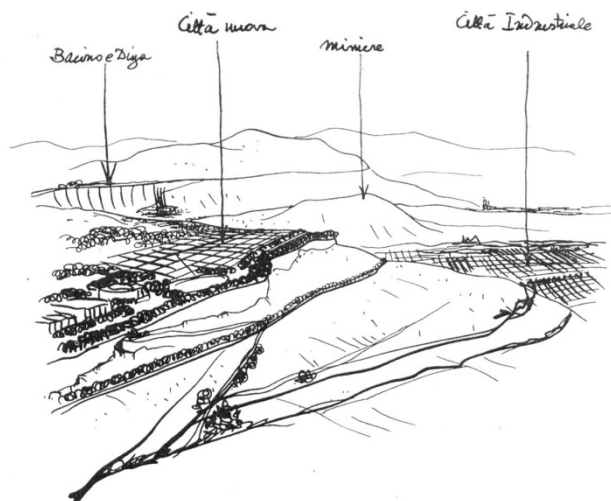
Nel frattempo la città aveva assunto il dominio completo sulla luce, che da un lato rendeva

possibile un maggiore controllo e una maggiore sicurezza, dall'altro consentiva l'introduzione in città di nuove funzioni quali centri commerciali o grandi magazzini, il diffondersi del cinema e dei servizi pubblici. La planimetria urbana cambiava per accogliere non solo il trasporto su rotaia ma anche su gomma: le città stavano assumendo pian piano il volto con cui si presentano agli occhi contemporanei.

Note:

¹ Basilico Pisaturo A., *L'età dell'energia*, Vol. 12 – *Tra Arte e Architettura*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015, pp. 11-12

² Rienzo M. G., *L'elettricità nella vita civile* in Barone G. et al.; Galasso G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 3 – *Espansione e oligopolio. 1926-1945*, tomo primo, Editori Laterza, Bari, 1993, p.507



La Cité Industrielle di Tony Garnier in due disegni di Giovanni Astengo

L'elettrificazione, come abbiamo visto, ha inciso sul modo di fruire la città e sul suo aspetto. Il sistema di illuminazione e i trasporti elettrici ne hanno cambiato il volto.

L'ingresso dell'elettricità aveva fatto prefigurare una nuova e più razionale organizzazione urbanistica. Nella sua *Cité Industrielle*, Tony Garnier pone la centrale idroelettrica come nodo a valle del quale si sviluppa la città, divenendo così la struttura centrale del nuovo ordine urbano.

Nel corso del tempo, una volta acquisita la nuova scoperta, le visioni di "città elettriche" hanno continuato a susseguirsi, iniziando dalla città elettrica del Futurismo: essa è vista come nuovo organismo vivo e vitalizzato dalla scoperta scientifica, simbolo di progresso.

È una città che intesse un forte legame con l'industria energetica quella ideata da Giovanni Michelucci per la nuova Larderello, una città in cui tecnica e natura convivono in una sorta di moderno villaggio-fabbrica.

Negli ultimi dieci e quindici anni si susseguono invece tutta una serie di esperimenti sulla città esistente.

Il progetto *Plan 22@Barcelona* parte proprio dalla progettazione di una fitta trama di reti che corre nel sottosuolo e che guida lo sviluppo urbano di una porzione di città.

Nel *Forum 2004*, sempre a Barcellona, il nodo da cui si dipartono gli altri progetti di rinnovo urbano è una struttura tecnica: una grande piastra fotovoltaica al di sotto della quale si trovano impianti produttivi.

La città elettrica del Futurismo

Il fascino dell'elettricità non interessava solamente gli intellettuali positivisti che, dal canto loro, trovavano nella tecnologia elettrica una ulteriore conferma del binomio tra progresso scientifico e progresso sociale; la scoperta influenzò profondamente anche gli artisti di avanguardia, in particolare i futuristi che vedevano nella nuova scoperta il simbolo non solo del progresso ma anche della rottura con atteggiamenti e stili di vita passatisti. I giornali non facevano altro che esaltare i successi delle applicazioni dell'elettricità, interpretando anche il fervore suscitato nel pubblico.

Appare utile vedere quindi in che modo la città elettrica venisse letta dagli artisti del Futurismo, e tramite essi divulgata.

L'elettricità fu l'elemento e il soggetto principale della loro ricerca artistica (insieme, come vedremo successivamente, anche alle centrali elettriche, luoghi simbolo della contemporaneità), che nasce proprio con l'intento di celebrare le scoperte in campo tecnico e scientifico, in grado

di rompere con il passato, consentire lo sviluppo e il progresso¹.

La città raffigurata dai pittori futuristi è quindi una città composta da luci abbaglianti, da insegne luminose, da persone che frequentano locali notturni, dal traffico dei tram, dalle fabbriche: è una città industriale, in cui sorgono nuove periferie e in cui la velocità rappresenta i ritmi della nuova città moderna.

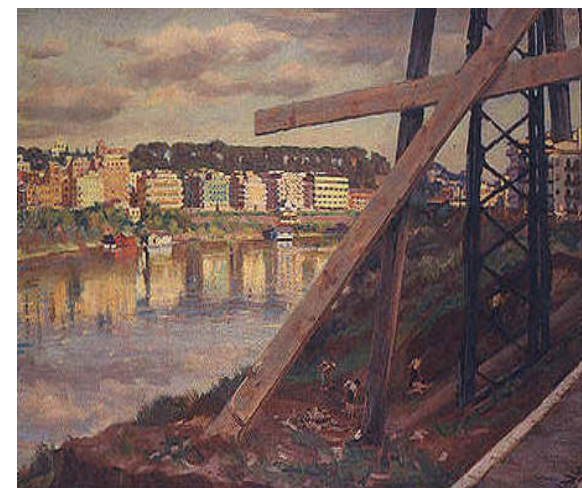
Umberto Boccioni e Giacomo Balla sono forse i principali osservatori della città, e nutrono uno spiccato interesse per la vita urbana, simbolo della modernità tecnologica e industriale.

Boccioni, nel 1906 è in viaggio a Parigi e rimarrà fortemente colpito dalla città francese con i suoi tram, le stazioni della metropolitana, le luci scintillanti, i caffè e la vita notturna, che riporterà nella sua produzione di quegli anni.

Nelle prime opere di Balla emerge chiaramente l'interesse scientifico per gli effetti della luce sia naturale che artificiale, che avrà forte influsso sulla pittura di Boccioni il quale, anche grazie



Umberto Boccioni, *La città che sale*, 1910



Giacomo Balla, *La città che avanza*, 1914

all'incontro con lui, si dedicherà nei suoi dipinti alla rappresentazione delle periferie urbane in costruzione, tema che sarà poi caro, fino alla fine, anche a Balla stesso, come si può vedere nel dipinto *"La città che avanza"* del 1942. In primo piano vi è proprio un traliccio dell'elettricità.

Nel quadro del 1910 *"La città che sale"* di Umberto Boccioni, vengono condensate insieme tutte le principali trasformazioni che stavano investendo la città di Milano in quel periodo.

Nella tela si scorgono infatti in ultimo piano alcuni edifici in costruzione nella periferia urbana, e ancora dietro le alte ciminiere delle fabbriche. Attraverso il cavallo e gli uomini in primo piano, invece, Boccioni esalta il lavoro dell'uomo nella città moderna che si plasma proprio per le esigenze dell'uomo futuro che la abiterà.

Da semplice rappresentazione di un ordinario momento di lavoro all'interno di un cantiere, il quadro diventa una celebrazione del progresso

industriale e del suo sviluppo inarrestabile, rappresentato proprio dagli sforzi con cui gli uomini cercano invano di trattenere il cavallo imbizzarrito.

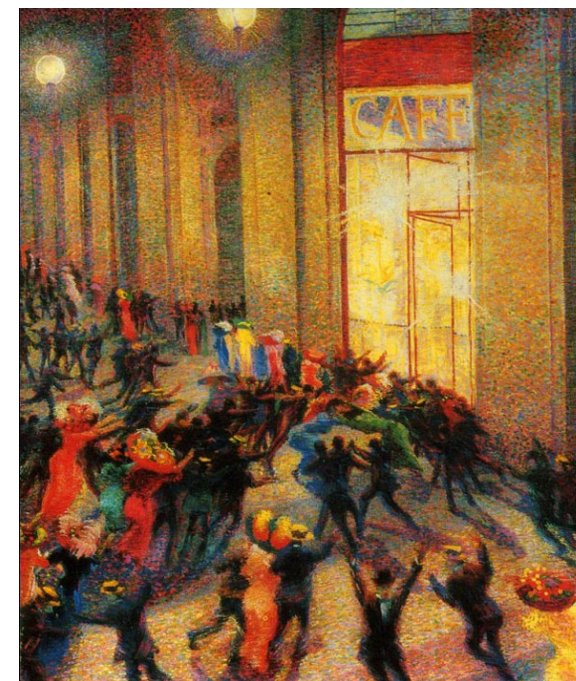
Oggetto del dipinto *"Officine a Porta Romana"*, 1908, che prelude proprio a *"La città che sale"*, sono le fabbriche situate in periferia industriale della città, una città che stava espandendosi oltre i confini della parte consolidata, dove anche egli si trasferì con la famiglia.

Sempre di Boccioni è il dipinto *"Rissa in galleria"*, realizzato nello stesso anno de *"La città che sale"* e anche in questa seconda tela la protagonista è Milano.

Il quadro racconta di una rissa che coinvolge un gruppo di persone davanti alla Galleria Vittorio Emanuele, oramai illuminata da vivide luci e dall'insegna del "Caffè" (verosimilmente il Caffè Gnocchi) in primo piano. La scelta della galleria non è un caso: non solo è il primo monumento ad essere illuminato con la luce elettrica, ma anche simbolo di una fervente vita sociale notturna.



Umberto Boccioni, *Officine a Porta Romana*, 1908



Umberto Boccioni, *Rissa in galleria*, 1910

In altre parole, Boccioni non vuole semplicemente raccontare una rissa, ma vuole mostrare come la città sia vissuta finalmente anche di notte grazie all'introduzione dell'elettricità.

Nel quadro *"Lampada ad arco"* di Giacomo Balla, realizzato tra il 1909 e il 1911 il soggetto del quadro, inimmaginabile prima del Futurismo, è invece un singolo lampione, che abbaglia così tanto da mettere in secondo piano la luna.

Il rapporto con la luna qui si fa duplice, in prima analisi il lampione rappresenta le nuove scoperte della contemporaneità contro la "luna" simbolo di un passato romantico, in secondo luogo il pittore sembra voglia dire che un semplice lampione della luce può trasmettere sensazioni paragonabili a quelle suscitate dalla contemplazione della luna.

Infine in *"Piazza del Duomo a Milano"* (1910) e *"Notturno in piazza Beccaria"* (1910), entrambi di Carlo Carrà, viene mostrata la frenetica vita notturna milanese, in un intreccio di

socializzazione urbana, illuminazione pubblica e traffico dei tramvia.

Ricapitolando, dunque, gli anni che vanno dal 1880 fino alla prima guerra mondiale sono centrali per tutta una serie di motivi: l'illuminazione pubblica prima e l'elettrificazione dei trasporti urbani poi, l'impulso dato all'urbanizzazione e allo sviluppo industriale, il riassetto urbanistico delle principali città italiane, il sorgere di nuovi quartieri in periferia, la nascita di nuovi mestieri e lavori.



Carlo Carrà, *Notturno in piazza Beccaria*, 1910

Carlo Carrà, *Piazza del Duomo a Milano*, 1910



Giacomo Balla, *Lampada ad arco*, 1911



Umberto Boccioni, *Sobborgo di Milano*, 1910

La nuova Larderello di Giovanni Michelucci

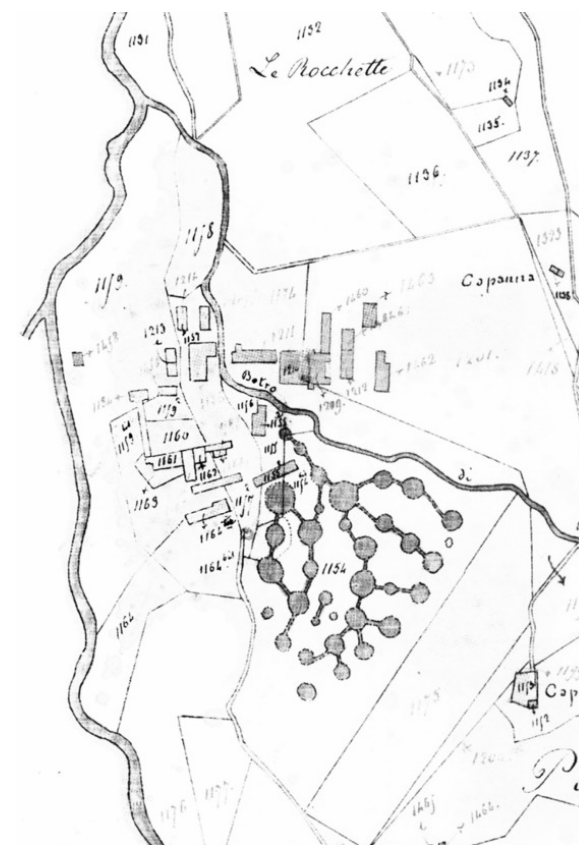
Gli anni del boom non videro solo la trasformazione dei centri urbani esistenti, ma anche la costruzione di nuovi. All'interno di questa analisi ciò che maggiormente interessa è mostrare le trasformazioni collegate al sistema elettrico e una di queste è rappresentata dalla nascita del nuovo villaggio di Larderello, ad opera dell'architetto Giovanni Michelucci.

La realizzazione della nuova città, che sarebbe sorta accanto a quella antica, fu possibile per volere della Larderello SpA che nel 1954 aveva già stanziato i fondi necessari alla realizzazione di nuovi impianti industriali e per estendere le ricerche geotermiche, nonché per la realizzazione di nuove aree residenziali e altre opere sociali.

La società pensò di affidare un progetto tanto vasto quanto importante ad un gruppo di ingegneri e architetti che sarebbero stati coordinati da Giovanni Michelucci.

L'indicazione che l'architetto ricevette dalla Larderello SpA fu quella di costruire un ambiente

in cui gli operai e gli impiegati negli impianti potessero trattenersi oltre l'orario di lavoro. Tale insofferenza a permanere vicino al luogo di lavoro era giustificata da una serie di ragioni, da un lato l'asprezza del territorio circostante, dall'altra le tendenze centrifughe verso i centri urbani, come già anticipato in precedenza, facilitate anche dal nuovo tipo di mobilità privata (la Vespa e l'automobile). In altre parole vi era la necessità di costruire un nuovo villaggio, separato dall'area delle fabbriche e in cui, per merito dell'introduzione di adeguati servizi (come vedremo, teatro, centri ricreativi, una scuola ecc.) si potesse sviluppare quel senso di radicamento al luogo fino a quel momento rifiutato dagli operai. Il progetto per la nuova città di Larderello prevedeva un complesso di edilizia abitativa destinato a circa trecento famiglie, servizi commerciali, sanitari, sportivi e educativi. Quanto alla localizzazione del nuovo insediamento si scelse la collina posta a nord-est rispetto alle centrali "Larderello 2" e "Larderello



Planimetria ottocentesca di Larderello
Fonte: "Il villaggio di Pomarance" a cura della Fondazione
Giovanni Michelucci

3", in modo che le funzioni civili fossero separate per mezzo del crinale da quelle industriali, proprio per rispondere all'esigenza espressa dagli operai di non risiedere vicino agli impianti.

La piccola città di Larderello fu inserita in una trama di percorsi pedonali e carrabili, e immersa nel verde, parte integrante del progetto, restituendo complessivamente l'immagine di un organismo unitario e in accordo con gli abitanti e l'ambiente circostante.

La volontà di Michelucci fu quella di realizzare un villaggio che, con le sue caratteristiche, potesse bilanciare l'impatto delle torri di refrigerazione che si imponevano sul paesaggio e della trama dei vapordotti di cui già si è parlato.

Oltre alle funzioni abitative, Michelucci predispose la realizzazione del complesso polifunzionale del teatro-cinema, del circolo ricreativo, degli edifici scolastici, della zona sportiva dotata di palestra e piscina coperta, nonché degli uffici della Larderello SpA, e ovviamente della chiesa che rappresentò il momento conclusivo di questo lungo processo.

Con l'intervento di Larderello, Michelucci vinse il premio del concorso "INARCH" del 1961, la cui commissione giudicatrice era composta dagli architetti Benevolo, Giuntoli, Gori, Scotti e Cetica, che espresse il seguente giudizio in merito al progetto:«[...] *Sebbene perfettamente inserita nella tradizione toscana, questa opera supera l'ambito locale fino a dare una suggestiva indicazione di una nuova struttura urbana, aperta e continua, capace di accogliere e assorbire tutte le componenti funzionali della città moderna (industria, residenza, ricreazione, vita associata) e tutti i valori corrispondenti, scala industriale e scala umana, chiarezza complessiva e nei particolari, grandiosità e intimità.*»². Ciò che infatti colpisce, al di là degli aspetti formali e delle scelte compositive e urbanistiche, è proprio l'origine della città. In altre parole ci troviamo davanti ad uno degli esempi in cui un centro urbano è nato e si è sviluppato attorno alle esigenze produttive, in questo caso ad un sistema di impianti per la produzione elettrica, e in stretta convivenza con esso.



Planimetria attuale di Larderello
Fonte: "Il villaggio di Pomarance" a cura della Fondazione
Giovanni Michelucci



Giovanni Michelucci, Ivo Tagliaventi, *Chiesa della Beata Maria Vergine*, 1954-1958



Renzo Bellucci, *Centro scolastico*, 1954-1956



Renzo Bellucci, *Asilo nido San Tarcisio*, 1957-1959

Anche oggi passeggiando per le strade della nuova Larderello ciò che colpisce è il perfetto inserimento di tutte le funzioni civili e industriali, l'equilibrio instaurato tra il "paesaggio artificiale" non in contrasto con quello naturale.

La città-fabbrica Larderello di Giovanni Michelucci è ormai quasi del tutto spopolata, eccezion fatta per gli edifici residenziali tutt'ora abitati e qualche piccola attività commerciale e sportiva.

Nel 2005 Larderello è stata oggetto di un semestre di studi internazionali, che ha visto coinvolte le autorità locali, delegazioni di professori e studenti delle facoltà di architettura dell'Università La Sapienza, dell'Università di Firenze, della Columbia University, nonché professionisti dell'Enel, studi di architettura e altre figure professionali impegnate sul territorio toscano, e una giuria composta da critici nazionali e internazionali.

«Questo studio sviluppa temi di disegno urbano in relazione alle risorse di energia geotermica della Val di Cecina»³, e quindi proprio dai temi

dell'energia questo studio parte per proporre visioni progettuali di riconversione urbanistica della città di Larderello e dei suoi dintorni.

I progetti considerano quindi in prima analisi gli elementi dell'infrastruttura energetica per poi estendersi all'intera città, partendo dalla considerazione se sia possibile riconvertire alcune delle strutture esistenti sul territorio, quali ad esempio i pozzi o le torri refrigeranti delle centrali, per capirne i nuovi possibili usi.

Gli scenari urbani proposti nascono da riletture critiche della storia, delle risorse naturali del territorio geotermico e dell'architettura proponendo diverse strategie e modalità di intervento.

Di seguito un breve excursus delle principali idee progettuali proposte dalla Columbia University.

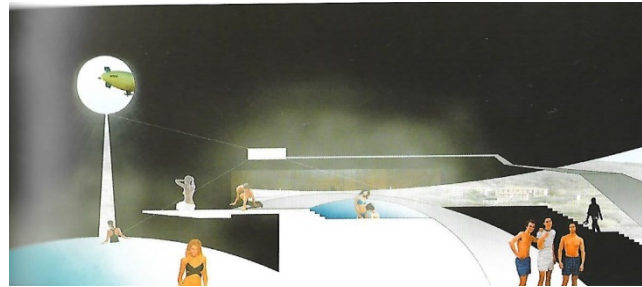
Nel progetto "Larderello branded" ("Larderello D.O.C."), gli architetti Yu-Heng Chiang e Cheng-Hao Lo, ritornano alle originarie modalità di uso del territorio per suggerirne una riconversione in termini turistico-termali, trasformando Larderello

in un polo attrattivo tale da rivitalizzare la città anche in termini economici.

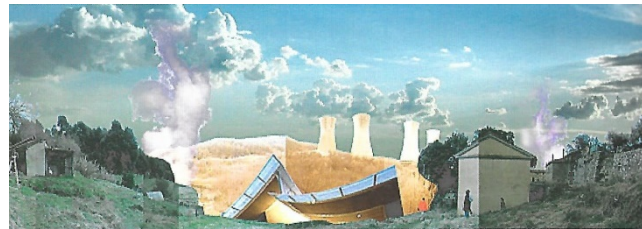
Larderello viene intesa come “brand”, e come possibile “campus” in cui far convivere funzioni differenti legate ad attività ricettive, quindi al turismo, produttive come l’agricoltura o la stessa produzione di energia elettrica con gli impianti Enel ancora funzionanti, sanitarie, come l’innesto di attività che si occupano del benessere fisico (dalle terme allo sfruttamento delle risorse per la creazione di prodotti naturali per la cura del corpo), ecc.

Tra le ipotesi progettuali proposte, si prevede ad esempio la creazione di una piscina all’interno di una torre di raffreddamento, una spa, dei laboratori farmaceutici, della fabbriche di cosmetici, un centro di promozione di prodotti locali, un hotel.

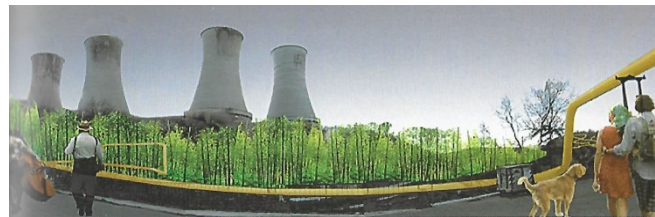
Parte dall’idea di un “festival della geotermia” come motore di sviluppo di un territorio che gradualmente vede il sorgere di nuove funzioni, “Incremental transformation” (“trasformazioni gradualistiche”). Il progetto vive di fasi diverse che



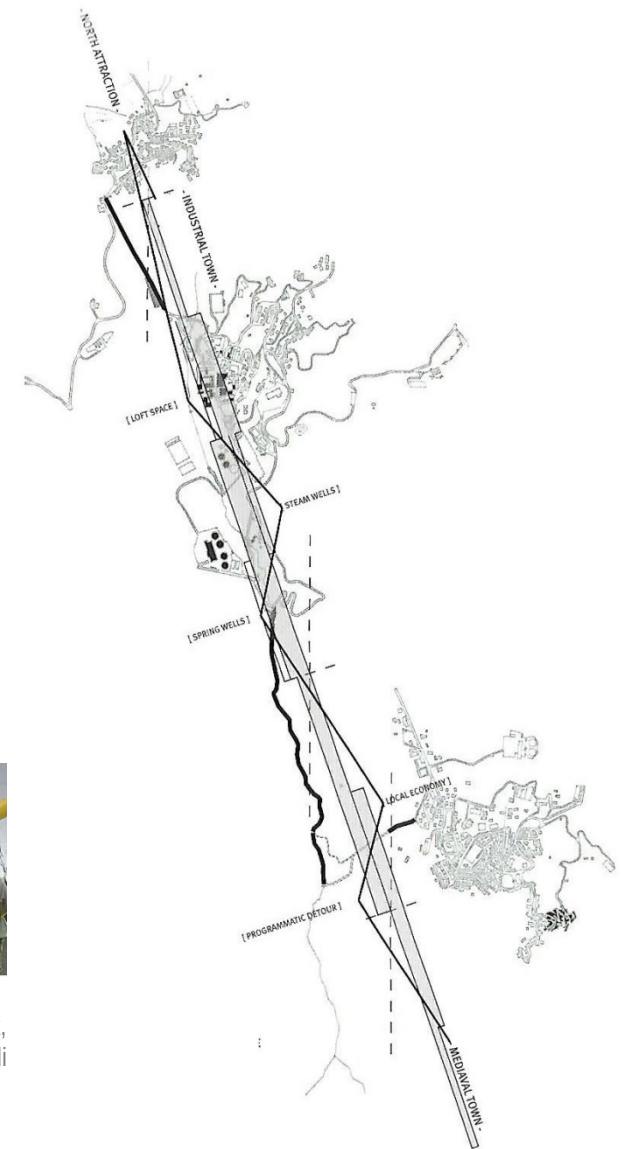
Yu-Heng Chiang, Cheng-Hao Lo, *Larderello branded* – piscina termale nella torre di raffreddamento



Lei Li, Sangwoo Lee, Sei Yong Kim, Stephanie Park, *Incremental Transformation* - vista del teatro all'aperto



Lei Li, Sangwoo Lee, Sei Yong Kim, Stephanie Park, *Incremental Transformation* - sentieri verdi



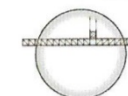
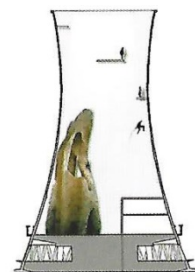
Yu-Heng Chiang, Cheng-Hao Lo, *Larderello branded* – infrastruttura termale

vanno dall'iniziale costruzione di sole strutture temporanee legate al festival stagionale, passando per una serie di ristrutturazioni di singoli manufatti (come la piazza Leopolda, centro di Larderello), per arrivare alla costruzione di strutture stabili quali sentieri verdi che si districano tra le torri refrigeranti, strutture termali, hotel.

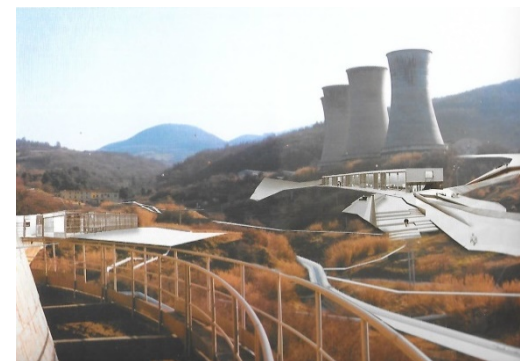
«Larderello non pulsa»⁴, da questa considerazione nasce la proposta “Pulsating networks” (“Sistemi dinamici”), in cui si punta a far diventare la città un nuovo centro di attrazione turistica basato sulla creazione di un programma di eventi da svolgere durante tutto l'anno, quali attività sportive, turismo termale, percorsi didattici sull'energia sostenibile, oppure attraverso un programma agricolo collegato ad un calendario dei raccolti che si concretizza nella realizzazione di un mercato orto frutticolo ricavato all'interno di una delle parti di una centrale dismessa, in cui poter vendere i prodotti locali.



Ya Chia Hsu, Amoreena Roberts, Kratma Saini, Pavi Sriprakash, *Pulsating Networks* – Programma di riuso geotermico: la torre di raffreddamento diventa la sede per una palestra di roccia, o una sala per conferenze



Belisario Barchi, Emmanuel Pratt, Peter Sun, *Art+Architecture+Infrastructure* – piazza pedonale e ingresso al museo



186



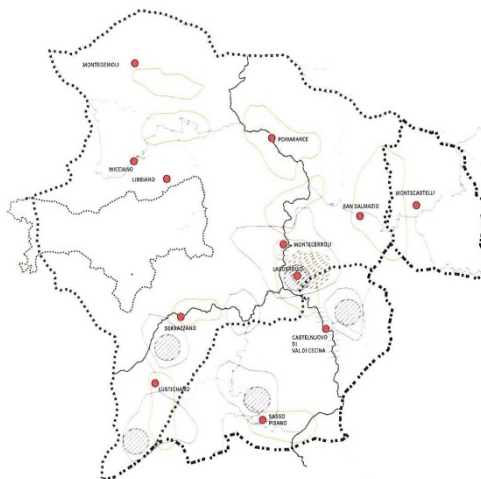
Belisario Barchi, Emmanuel Pratt, Peter Sun, *Art+Architecture+Infrastructure* – planimetria di progetto

Il progetto “Art + Architecture + Infrastructure” (“Arte + Architettura + Infrastrutture”) propone una lettura del territorio articolata su tre livelli: il primo, “Arte”, con la proposta di creare un programma di arte ambientale che metta in risalto la rete di vapordotti, il secondo “Architettura”, con l'ipotesi di installare un museo all'interno delle torri di raffreddamento, il terzo “Infrastrutture” con la creazione di un nuovo sistema di trasporti e collegamenti organizzati in percorsi pedonali e monorotaia che possa ricollegare l'area industriale alla regione.

I due progetti presentati dalla delegazione dell'Università di Roma “La Sapienza”, intervengono invece sul centro di Larderello, che si identifica in Piazza Leopolda, come strumento per la riqualificazione del tessuto urbano, e come strategia per riorganizzare il territorio limitrofo. I progetti partono dal restauro e dal riutilizzo delle strutture di interesse architettonico e storico come gli edifici del Palazzo de Larderel, la torre e la chiesa annessi o le costruzioni dell'Enel degli anni '50, e dalla creazione di nuove



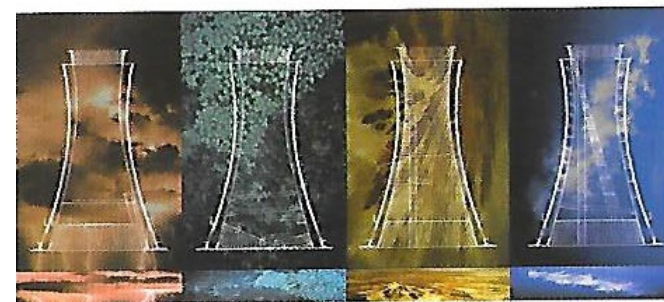
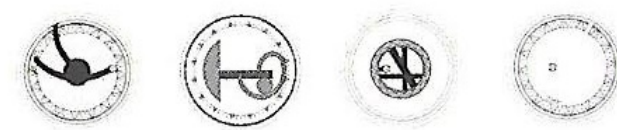
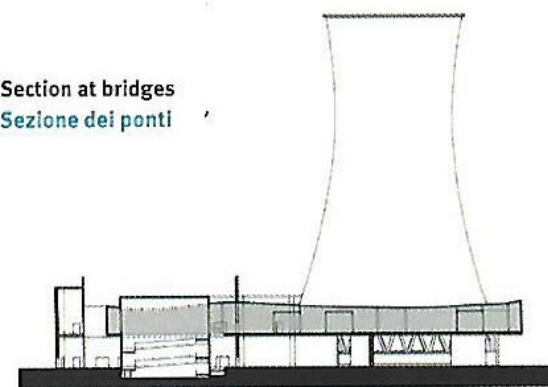
Christian Tattoli, *Centro per mostre* – planimetria della piazza



Francesca Balestrieri, *Proposta di parco scientifico-tecnologico per la valorizzazione dell'area geotermica di Larderello* – schema di sintesi del sistema antropico

Domenico Lascale, Alessandra Sanfilippo, *L'arte come tramite tra natura ed energia* – sezione dei ponti

Section at bridges
Sezione dei ponti



Oliwia Bielawska, Marcos Perez-Sauquillo, Hannes Stark, *Elementi naturali – sole, acqua, terra e vento* – Una torre per ogni fonte di energia

funzioni e destinazione d'uso cui allacciare il preesistente centro urbano.

La piazza diventa nel progetto di Christian Tattoli un "Centro per mostre", in cui lo spazio architettonico convive con la natura del paesaggio circostante. La "Proposta di parco scientifico-tecnologico per la valorizzazione dell'area geotermica di Larderello" mette in connessione le diverse aree che compongono il sistema dell'infrastruttura della rete elettrica quali Lagoni Rossi, Sasso Pisano, e la centrale di Serrazzano, con i centri storici presenti sul territorio quali Monte di Castelnuovo e Montecerboli, con le aree naturali quali la Riserva di Monterufoli.

Tali luoghi diventano aree destinate ad attività scientifiche, termali, culturali, naturalistici, o ricreativi.

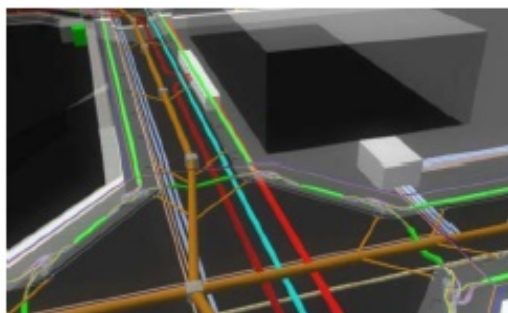
Infine, i progetti proposti dall'Università di Firenze, si concentrano su una lettura storico-funzionale dell'area e sulla creazione di un "museo esteso" in cui si intrecciano i temi dell'archeologia industriale con quelli dell'arte, in

un insieme di operazioni che puntano alla riconversione di un singolo luogo, l'impianto di "Larderello 3".

Ad esempio, nel progetto "L'arte come tramite tra natura e energia" viene creato un parco d'arte tra la centrale e le torri di raffreddamento. All'interno del volume della centrale sono ospitati centri per la ricerca e lo studio di energie alternative, mentre all'interno dei volumi delle torri spazi espositivi.

Oppure, nel progetto "Elementi naturali – sole, acqua, terra e vento" le quattro torri vengono ciascuna adibita al racconto di una delle quattro diverse energie rinnovabili.

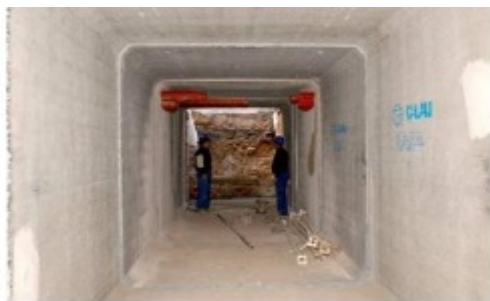
Plan 22@Barcelona, Barcellona, Spagna, 2000



Plan 22@ Barcelona – Vista virtuale della nuova rete di servizio



Plan 22@ Barcelona – Nuova rete di servizio



Plan 22@ Barcelona – Galleria di servizio
Fonte: www.22barcelona.com

Un progetto che consente di riflettere su una delle possibili modalità di intervento nella città contemporanea che passi anche per le infrastrutture, è sicuramente fornito dal *Plan 22@ Barcelona*.

Il piano è stato approvato dal comune nel 2000 e nasce al fine di trasformare l'area del Poblenou, circa 200 ettari di area industriale, in un nuovo distretto produttivo polifunzionale.

Gli obiettivi del piano sono molteplici, e riguardano tre aspetti principali: il rinnovo urbano, economico e sociale.

Attraverso il primo si risponde alla necessità di sostituire il vecchio tessuto preesistente con uno nuovo in cui far convivere impianti produttivi, aree residenziali, servizi e verde.

Il progetto di rinnovo economico costituisce l'opportunità di trasformare il Poblenou in un importante centro per la ricerca scientifica e tecnologica, ad alto profilo innovativo.

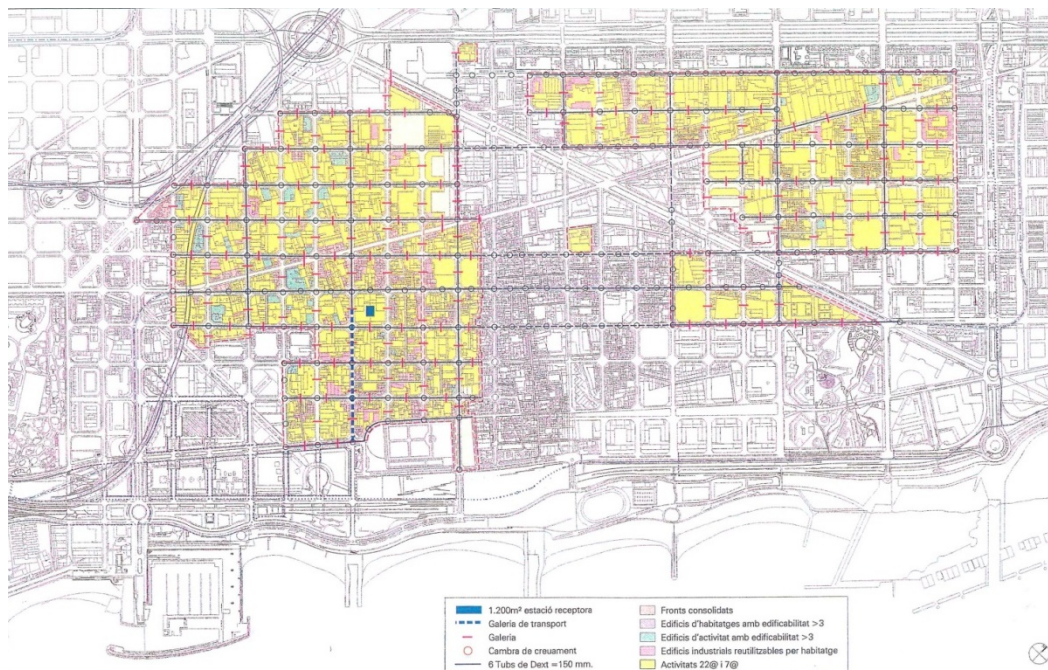
Infine, il progetto di rinnovo sociale consiste in una serie di operazioni finalizzate a favorire lo

scambio tra i diversi ambiti professionali presenti nella zona quali l'industria, i servizi educativi e scolastici, le istituzioni ecc.

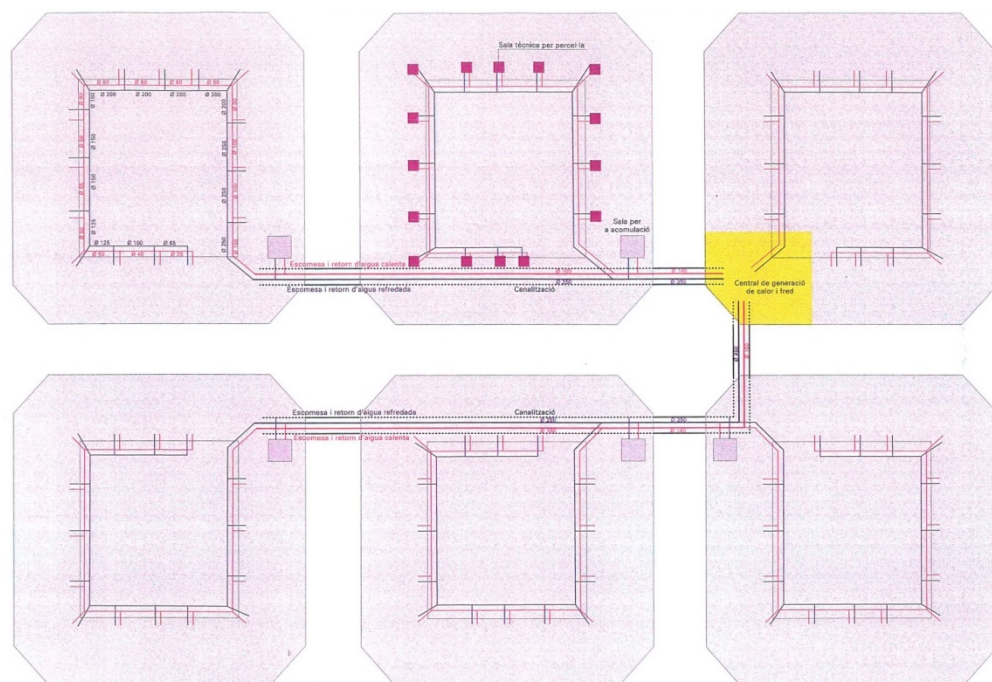
All'interno del piano ha assunto un rilievo particolare il progetto delle infrastrutture, per questa ragione è stato intrapreso un grande investimento per dotare il nuovo distretto di più efficienti reti di energia, telecomunicazioni, riscaldamento e raccolta pneumatica dei rifiuti.

Il progetto delle reti, con particolare riguardo all'infrastruttura dell'energia elettrica che ha fortemente guidato il progetto di rinnovo urbano, è stato pensato in virtù della gestione responsabile delle risorse e permette di introdurre in città migliori servizi quali:

- una nuova rete in fibra ottica composta da canalizzazioni completamente ispezionabili senza dover intervenire sulla strada
- un nuovo sistema di climatizzazione centralizzata, più efficiente del 40% rispetto ai modelli tradizionali



Pianta della nuova rete dell'energia elettrica nell'area del Poblenou



Schema della rete dell'energia elettrica all'interno di una "isola"
 Fonte: www.22barcelona.com

- la nuova rete dell'elettricità, potenziata di cinque volte quella precedente.

Inoltre, in aggiunta a questo sistema di pianificazione flessibile delle infrastrutture, si sono affiancati progetti di innovazione urbana, in particolare:

- 22@ Urban Lab: si tratta di uno spazio dedicato alla sperimentazione di progetti pilota nel campo dei servizi urbani, nei vari ambiti di applicazione quali le reti, la mobilità ecc.

- Smart City Campus: all'interno del campus sarà possibile sperimentare nuovi modelli per una gestione più efficiente delle risorse e l'integrazione con le nuove tecnologie a servizio della città e dei suoi abitanti.

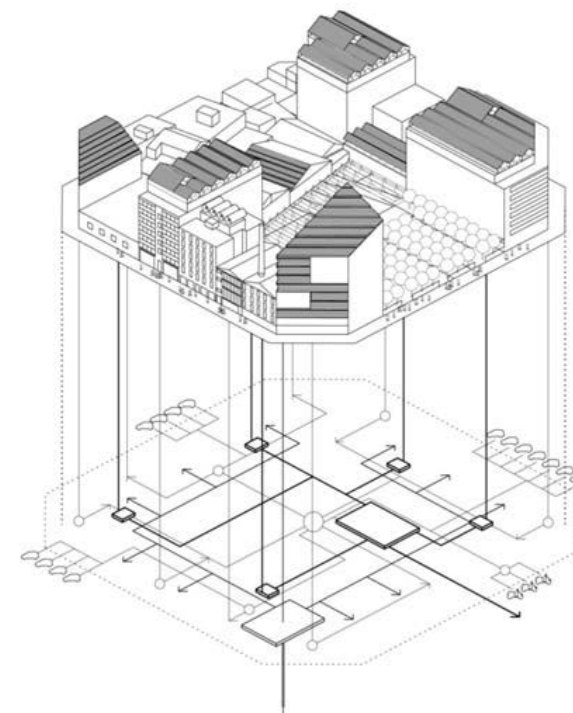
Con la creazione di Smart City Campus viene promossa una idea di città quale piattaforma di ricerca e sviluppo.

Il campus si comporta infatti come un incubatore in cui convivono imprese, centri per l'innovazione e lo sviluppo, università e altri enti che si occupano di tecnologie applicate alla città.

Situato nel cuore del quartiere 22@, l'area dello Smart City Campus comprende edifici industriali quali il Can Ricart, La Escocesa e Ca l'Alíer, che saranno ristrutturati in chiave "smart" e consentiranno un rilancio di tali aree.

- Isole autosufficienti: con l'intento di creare un nuovo modello urbano basato sull'efficienza energetica, è attualmente in corso la promozione del programma di isole autosufficienti che mira alla costruzione o al recupero di edifici e alla realizzazione di nuove isole in chiave sostenibile, in cui produrre autonomamente le risorse necessarie al fabbisogno.

La creazione di queste isole si appoggia sugli isolati creati da Cerdà, dando vita a nuovi isolati urbani che si basano su principi di progettazione e gestione delle reti urbane, in particolare la rete dell'energia elettrica, secondo un sistema basato sulla produzione di energia a scala locale che mira all'indipendenza di un edificio o di una isola, in accordo con una gestione più efficiente e responsabile delle risorse.



191

Schema di funzionamento di una "isola autosufficiente"

Fonte: www.22barcelona.com

La progettazione architettonica e urbanistica degli edifici e dell'intero isolato per tali ragioni seguirà i principi della sostenibilità, inserendo coperture solari, uso di veicoli elettrici, riciclo dell'acqua altre misure per migliori prestazioni energetiche.

Il programma per la costruzione delle isole energetiche verrà sviluppato su isolati e edifici di proprietà comunale, a partecipazione pubblico-privata o totalmente privati.

Le aree attualmente individuate per la sperimentazione di queste isole autosufficienti sono la Illa Valldaura e la Illa Cristóbal de Moura. Per ciascuno di questi tre ambiti e per ogni progetto si prevedono:

- sistemi per la generazione autonoma di energia e per la gestione delle risorse (idriche ed energetiche): ciascuna isola potrà produrre l'energia per soddisfare il proprio fabbisogno tramite fonti rinnovabili quali la solare, l'eolica, la geotermica e le biomasse;
- edifici che saranno dotati di materiali e tecnologie volte a massimizzare l'uso delle

risorse naturali e che integreranno sistemi passivi per migliorare, l'isolamento termico, la ventilazione, ecc.;

- sistemi e tecnologie per la creazione di una rete tra vari edifici o varie isole;
- sistemi di controllo di tutto il ciclo dell'acqua quali la raccolta, lo stoccaggio e il trattamento di acque sotterranee, piovane e grigie;
- l'inserimento di verde urbano quali microgiardini urbani o tetti verdi;
- nuovi modelli per la raccolta e il riciclo dei rifiuti;
- edifici che saranno in grado di ricaricare i veicoli elettrici;
- sistemi informativi che aiutino l'utente a capire e gestire i propri consumi.

La principale criticità riscontrabile nel progetto *Plan 22@ Barcelona* è che in esso si ragiona su paradigmi passati introducendo elementi di innovazione tecnologica.

In altre parole esso non ha la forza, nel suo complesso, di disegnare e proporre nuovi sistemi per la città contemporanea, che partano dal



L'area dell' Illa Valldaura



L'area dell' Illa Cristóbal de Moura

Fonte: www.22barcelona.com

progetto delle infrastrutture per schiudere nuovi scenari urbani.

Ciò che è stato messo in atto infatti, è la sovrapposizione di due sistemi consolidati, da un lato la città di superficie con la sua struttura e le sue tipologie edilizie, dall'altro la maglia infrastrutturale che corre al di sotto di essa. Quest'ultima è stata sì potenziata e implementata per mezzo di tecnologie e sistemi innovativi, ma non ha avuto riverberi sulla morfologia della città.

Nonostante questo all'interno del piano troviamo modalità e strategie di intervento a scala urbana che si concretizzano nella progettazione di interventi puntuali (su singole porzioni di quartiere o isolati, come le isole autosufficienti), nei quali vengono prefigurati sistemi di generazione energetica flessibili, diffusi e decentralizzati, non gerarchizzati, diversi quindi dalla attuale visione "centralistica" del grande impianto che somministra energia a tutta la città o a un insieme di esse.

Forum 2004 Barcellona – La “Esplanade” di José Antonio Martínez Lapeña & Elías Torres Architects, 2004

Sempre a Barcellona, vicino all'area di intervento del Poblenou, si trova un altro grande intervento di rigenerazione urbana: il “Forum”.

Esso si trova inserito in un più ampio progetto sviluppato in occasione del Forum Universale delle Culture, tenutosi a Barcellona nel 2004 ed ha in realtà riguardato due operazioni distinte: la prima è la creazione del cosiddetto “recinto del Forum”, cioè l'area all'interno della quale si è svolto l'evento, l'altra è il vero e proprio “intervento urbanistico dell'area del Forum”⁵, che proprio dall'evento ha tratto linfa vitale per il suo sviluppo.

Infatti, il Forum delle Culture non ha rappresentato nient'altro se non il movente per poter realizzare uno dei principali progetti di trasformazione urbana della città spagnola.

Il progetto si compone di una serie di interventi, ciascuno affidato ad un progettista diverso. Quello che più interessa ai fini della presente analisi è la “Piazza del Foro” o “Esplanade”, progettata da José Antonio Martínez Lapeña &

Elías Torres Architects, il cuore del progetto da cui idealmente prendono l'avvio gli altri progetti di rigenerazione urbana.

L'intervento risulta centrale per due motivi principali: la piazza si pone come termine verso il mare, della grande Avenida Diagonal, da sempre punto irrisolto della città, il secondo, che maggiormente interessa analizzare è la sua stessa conformazione architettonica. L'“Esplanada” è composta da una grande piastra tecnica, al di sotto della quale sono ospitate una serie di reti tecnologiche - come l'impianto di depurazione e smaltimento delle acque - e il cui nodo principale è caratterizzato da una grande pergola fotovoltaica.

Questa diventa quasi un simbolo dello skyline urbano, in quanto visibile sul litorale anche a grandi distanze.

La pergola sviluppa una superficie di 4500 mq, appoggiata su quattro piloni inclinati, per

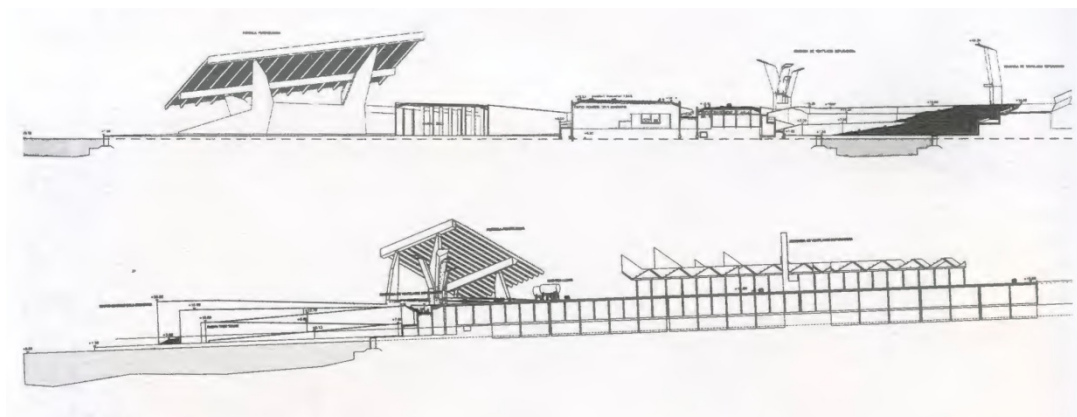
Le seguenti immagini sono prese da :
«L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI» n. 378/2004



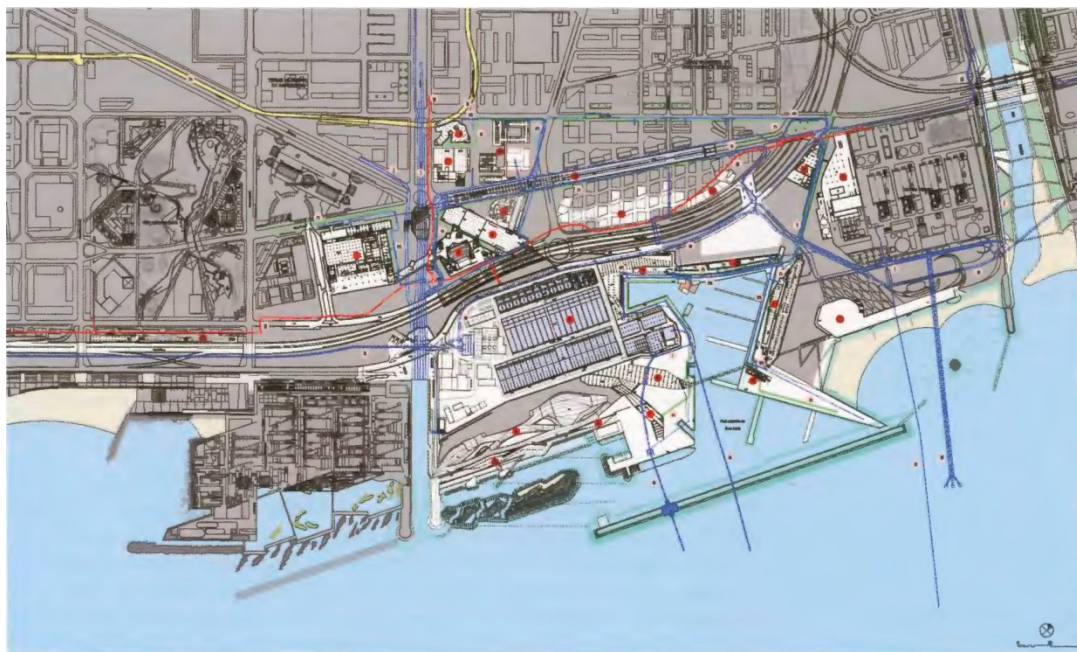
Vista del parco sud-ovest in costruzione.
Si può vedere la grande copertura fotovoltaica
dell'Esplanada



Immagine dell'Esplanada, sotto la pergola fotovoltaica,
centro del Forum



Sezioni della Piazza del Foro



Pianta al livello interrato delle trasformazioni urbanistiche nell'area Forum

un'altezza di circa 35 metri dal livello della piazza e circa 53 dal livello del mare.

Il piano delle celle fotovoltaiche, che sviluppano circa 6500 mq, è inclinato di 35 gradi verso sud, ed è in grado di rendere energeticamente autonoma tutta l'area di intervento della piazza, con una produzione di energia che sarebbe sufficiente ad una città di mille abitanti.

Tale intervento sottolinea ancora una volta l'importanza dell'approccio energetico al progetto della città, o di alcuni dei suoi nodi. Anche in questa occasione gli elementi della rete dell'energia elettrica hanno saputo disegnare uno spazio di città, un nodo nevralgico da cui si dipanano gli altri progetti.

Una piazza energetica e funzionale, in grado non solo di garantire un certo risparmio gestionale ma di indicare una linea guida per uno sviluppo sostenibile, oltre a costituire un altro esempio di unione tra ingegneria elettrica e architettura dello spazio pubblico della città.

Note:

¹ Sul *Manifesto del Futurismo* pubblicato su «Le Figaro» del 20 febbraio 1909, si legge: «[...] canteremo il vibrante fervore notturno degli arsenali e dei cantieri, incendiati da violente lune elettriche; le stazioni ingorde, divoratrici di serpi che fumano; le officine appese alle nuvole per i contorti fili dei loro fumi; [...] e le locomotive dall'ampio petto, che scalpitano sulle rotaie, come enormi cavalli d'acciaio imbrigliati di tubi».

² *Esito di concorsi*, in: «ARCHITETTI D'OGGI», n. 6-7/1961, pp. 47-50

³ Bernard Tschumi, presentando il lavoro svolto per Larderello in: Plunz R. *et al.*, *Geothermal Larderello: Tuscany, Italy. Nuovi scenari per Larderello, centro della Geotermia*, Princeton Architectural Press, New York, 2005, p. 6

⁴ Yu Chia Hsu, Amoreena Roberts, Kratma Saini, Pavi Sriprakash, *Pulsating Networks. Sistemi dinamici* in: Plunz R. *et al.*, *Geothermal Larderello: Tuscany, Italy. Nuovi scenari per Larderello, centro della Geotermia*, Princeton Architectural Press, New York, 2005, p. 73

⁵ *La Piazza del Forum* in: «L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI» n. 378/2004, p. 56



5.3 La città temporanea 198

Vista dell'area di EXPO Milano 2015
Fonte: www.ordinearchitetti.mi.it

Una delle possibili dinamiche che può verificarsi nella città odierna è costituito dall'evenienza in cui sia la rete in qualche modo ad "arrivare prima" della città.

Si parla ovviamente di una rete di nuova generazione, cui si è fatto riferimento in introduzione, la *smart grid* scheletro infrastrutturale a servizio della "Smart City".

La *smart grid*, la cosiddetta "rete intelligente", è una infrastruttura che integra le tecnologie tradizionali con un sistema che permette di registrare e quindi fornire informazioni. Questo permette non solo di creare un sistema che si autoalimenta e autoregola, ma che riesca a monitorare i consumi e ottimizzare i flussi di energia, evitando sprechi e indirizzando correttamente eventuali surplus di energia.

L'energia che la *smart grid* gestisce proviene da fonti tradizionali ma anche dalle rinnovabili e consente di stoccarla in un nuovo sistema più efficiente e flessibile, producendo riscontri positivi sia per la comunità che per il singolo.

La "Smart City" è il luogo in cui le infrastrutture, i

servizi e la tecnologia lavorano in simbiosi con l'obiettivo di restituire una città a misura di uomo, in cui la sostenibilità è la parola che indica la prospettiva di sviluppo di tali agglomerati urbani, in cui i trasporti sono elettrici, l'illuminazione pubblica efficiente e gli edifici dotati di sensori per ottimizzare i consumi e sensibilizzare le comunità.

In questo tipo di città il vettore elettrico è il *driver* per una crescita sostenibile e il fattore che qualifica e permette la realizzazione di specifici servizi per la comunità. Si possono immaginare cabine elettriche in cui vengono raccolte un gran numero di informazioni relative alle condizioni ambientali e ogni altra informazione che possiamo immaginare.

Tale introduzione era indispensabile per aprire alla tematica chiave di questo contributo, che si concentrerà in realtà su quel tipo di possibili esperienze in cui la rete elettrica arriva prima dello sviluppo di una città. È questo l'esempio di Expo Milano 2015 Smart City, una città temporanea e allo stesso tempo un "incubatore"

di città.

Una volta smantellata la città temporanea rimane la rete, una sorta di rete "in attesa" che si presta ad essere lo scheletro per la creazione di una città permanente basata su nuovi valori funzionali e tecnologici.

La città temporanea offre la libertà di poter sperimentare un nuovo tipo di infrastrutture, di innestare nuove tecnologie e di provare nuovi modi di uso della città; vi è, in altre parole, un minore senso di responsabilità proprio perché si tratta di una città effimera e destinata a una comunità anch'essa "temporanea", ma che offre grandi possibilità per l'*imprinting* di una città permanente.

EXPO Milano 2015 - Smart City

L'area dedicata all'Esposizione Universale Milano 2015 è stata pensata come una vera e propria smart city, in grado di soddisfare il fabbisogno dell'intera struttura, che è equiparabile ad una città di 100 mila abitanti, quindi delle dimensioni di molti dei centri urbani di Italia.

Grazie anche al contributo di Enel, è stato possibile realizzare una smart grid attraverso la quale gestire e controllare la rete elettrica e altri servizi energetici correlati.

Ora che l'area dell'EXPO è stata disallestita, la rete è invece rimasta ed è in attesa di nuove proposte (per il momento la più realistica sembra essere il trasferimento del campus universitario della Statale di Milano).

Va da sé che il fatto di aver predisposto la rete di servizio darà un *imprinting* nuovo alla porzione di città nascente.

In realtà la rete era già visibile all'interno del padiglione Enel all'Expo, dove si poteva

osservare in tempo reale gli effetti e il funzionamento della rete al lavoro.

Il padiglione, progettato dallo studio Piuarch, si affacciava sul decumano e il suo *concept* era basato su una rete intelligente sopra la quale si innestavano dei tubi di policarbonato che nell'insieme davano l'impressione di un fitto bosco.

La base è proprio una griglia, visibile anche a terra e realizzata con elementi metallici che contenevano il flusso di energia elettrica e di dati. Sulla griglia sveltavano le colonnine trasparenti di altezza variabile fra i 5,30 e i 7 metri illuminati a led. Il "bosco virtuale" era poi tagliato da passerelle e corti verdi, per mezzo delle quali il visitatore poteva esperire del padiglione inoltrandosi all'interno dei vettori e delle essenze arboree.

Il percorso era costituito da una passerella coperta da una pensilina in vetro serigrafato con il motivo "a rete".

L'aspetto principale era proprio l'aver basato l'idea del padiglione sulla rete "smart" dell'energia elettrica, attraverso la cui esperienza il visitatore poteva scoprire il funzionamento e le possibilità date dalla smart grid camminandovi sopra ed entrando nella Control Room all'interno della quale erano proiettati filmati, contenuti interattivi ed elementi cinetici per mezzo dei quali venivano trasmesse spiegazioni riguardo all'innovativo sistema.

L'esperienza di EXPO 2015 si pone accanto ad altri progetti di sperimentazione di città intelligenti in Italia, quali il progetto "ResNovae" sviluppato per le città di Bari e Cosenza e il progetto "Replicate" per la città di Firenze, entrambi a firma anche di Enel.

Per ciò che riguarda quest'ultimo progetto Firenze è stata selezionata in qualità di città italiana oggetto di sperimentazione, insieme alle altre due città coinvolte nel progetto, San Sebastian e Bristol, con lo scopo di trasformarle in un modello di riferimento internazionale.

[illegible]

201



A nighttime photograph of the National Stadium in Beijing, also known as the Bird's Nest. The building's facade is composed of a dense array of vertical, illuminated tubes that create a shimmering, textured effect. The structure is set against a dark blue sky with some clouds. In the foreground, a paved area and a grassy field are visible. To the right, a large, illuminated, geometric structure, possibly a part of the stadium's seating or a nearby building, is also visible.

Studio Piuarch, *Padiglione Enel* per EXPO Milano 2015 –
vista del “bosco” di tubi in polycarbonato illuminati con LED
Fonte: www.piuarch.it



5.4 Le “ipercittà” dell’energia elettrica 202

Foster+Partners, *Masdar City*, 2007

Fonte: www.masdar.ae

Uno degli approcci progettuali odierni è costituito da quelle realizzazioni che hanno dato vita ad una sorta di “ipercittà” di nuova fondazione, tecnologiche, sostenibili e in cui il fattore energetico è il movente principale della loro progettazione.

Lo sviluppo di tali città è molto diverso dal lento processo evolutivo che ha caratterizzato la nascita delle città fino ad oggi; in queste sperimentazioni vi è invece l’idea di costruire un habitat con una configurazione precisamente determinata dalla questione energetica.

In tali tipi di esperienze si possono ritrovare elementi che fanno riferimento quasi più agli studi rinascimentali sulla città o a visioni utopiche futuriste, piuttosto che a riflessioni contemporanee.

Questo è il caso della città di *Zira Zero Island* o di *Masdar City* in cui è molto forte il richiamo alle tradizioni costruttive o alla storia del paese in cui queste città sorgono, dando vita a sistemi urbani “ibridi” in cui tecniche

costruttive usuali convivono con soluzioni tecnologiche avanzate.

Le “ipercittà” dell’energia elettrica, sebbene portino a risultati architettonicamente discutibili, conducono ad una serie di risultati che promuovono un dialogo interdisciplinare interno al progetto.

Questi esempi di città dimostrano inoltre come cambia il paradigma del sistema gerarchizzato che prevede un grande impianto centrale che arriva monodirezionalmente agli utenti finali.

La lettura di questi progetti ci suggerisce che le ricerche sono indirizzate sempre di più nella direzione di organismi urbani che provvedono a soddisfare autonomamente, anche grazie a sistemi diffusi in esso, il proprio fabbisogno energetico, a emissioni zero.

Si vengono a creare una moltitudine di “città industriali” sulla falsa riga di quelle immaginate da Tony Garnier, ciascuna con i suoi impianti e le sue risorse. Il paradigma si sposta dalla città con un impianto di produzione centrale, alla “città-centrale” essa stessa.

Quanto descritto mette in luce le caratteristiche sicuramente positive di tali possibili approcci al progetto della città (in particolare alle città di “nuova fondazione”), ma ci si chiede anche, quando il *driver* per la creazione e lo sviluppo di una città è la tecnologia, è ancora possibile pensare a città a misura d’uomo?

MVRDV and GRAS, *Logroño Montecorvo Eco City*, 2008

Gli architetti olandesi MVRDV insieme agli architetti spagnoli GRAS, hanno vinto nel 2008 un concorso per la progettazione di una nuova città “carbon-free”, presso La Rioja, in Spagna.

La città è stata pensata per espandersi su due colline e composta da 3000 abitazioni sociali, con impianti sportivi, aree verdi e servizi ricettivi, per un’area di circa 56 ettari di cui solo il 10% di suolo costruito mentre la restante porzione destinata alla produzione di energia e a parco pubblico.

Nelle intenzioni progettuali, la produzione di energia per la città è generata da celle solari e da turbine eoliche, mentre si prevede la realizzazione di un museo e un centro di ricerca per la promozione delle tecnologie di energia rinnovabile.

Con la produzione di energia totalmente in loco la nuova città è totalmente autosufficiente e a emissioni zero.

L’eco parco in cui convivono le funzioni ricreative con quelle produttive è occupato da un “arazzo”

di pannelli solari, che ricoprono le colline su cui sorge l’insediamento, alla cui sommità si scorgono le pale dei “mulini”.



MVRDV and GRAS, *Logroño Montecorvo Eco City*, 2008

Vista della città e del suo parco eolico e fotovoltaico

Fonte: www.architizer.com

BIG, *Zira Zero Island*, 2009

Nel 2009 Bjarke Ingels Group Architects ha ideato una città a emissioni zero, la *Zira Zero Island*, in Azerbaijan, vicino alla capitale Baku, che nelle intenzioni sembra essere paragonabile alla città Logroño Montecorvo degli MVRDV.

Situata all'intero della baia della capitale, la città è organizzata su sette colline artificiali sui cui sono disposte residenze, servizi e spazi pubblici. L'obiettivo degli architetti danesi è quello di creare una città totalmente indipendente dalle risorse esterne, tramite l'utilizzo di pannelli solari termici, fotovoltaici, e l'installazione di un parco eolico.

Combinando tecniche costruttive per il risparmio energetico con le tecnologie più recenti, l'isola di Zira utilizzerà le risorse al minimo: pannelli solari integrati negli edifici, fotovoltaico posizionato sulle facciate, nonché lo sfruttamento eolico sia tramite le turbine del parco che tramite quelle installate in mare, contribuiscono a raggiungere l'obiettivo di una città decarbonizzata.

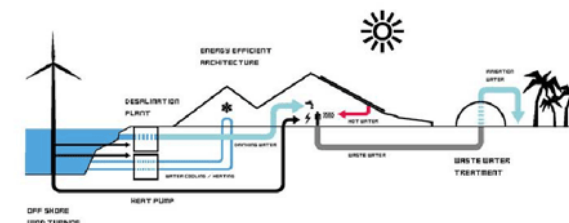
Come si legge dal commento di Lars Ostenfeld Riemann, direttore del gruppo Ramboll, che si occupa di consulenze per l'integrazione di tecnologie sostenibili in architettura e che ha affiancato lo sviluppo del progetto: «Zira Island rappresenta un passo importante per il futuro sviluppo urbano in Caucaso e nell'Asia Centrale. Grazie all'aiuto del vento, del sole e dei rifiuti, l'Isola potrà produrre la stessa quantità di energia che consuma. In una società completamente basata sull'utilizzo del petrolio, il progetto servirà come vetrina per mostrare un nuovo modo di pensare la pianificazione sostenibile. Sull'esempio di altri ambiziosi progetti di eco-city quali Dongtan in Cina e Masdar a Abu Dhabi, consentirà di diminuire le emissioni di anidride carbonica nell'arco dei prossimi dieci anni.»¹.

BIG, *Zira Zero Island*, 2009

Vista della città

Schema del sistema di produzione energetica della città

Fonte: www.big.dk



Foster+Partners, *Masdar City*, 2007

Nel progetto per Masdar City, elaborato dallo studio Foster+Partners nel 2007, si fondono i principi della pianificazione delle città arabe tradizionali con le più moderne tecnologie oggi disponibili in merito alla riduzione delle emissioni e per una progettazione sostenibile.

L'iniziativa "Masdar", istituita dal governo di Abu Dhabi per promuovere lo sviluppo di soluzioni e tecnologie energetiche "pulite", si concretizza in Masdar City il cui obiettivo è quello di creare una città *carbon neutral* - e anche a rifiuti zero - proprio per dimostrare un possibile futuro che non contempli l'utilizzo di fonti fossili.

La città diventerà anche un centro per la promozione di nuove idee per la produzione di energia, accogliendo i principali organismi accademici e istituti di ricerca impegnati nel settore delle energie rinnovabili.

La città è organizzata secondo un modello di sviluppo che include sia la bassa che l'alta densità, è situata strategicamente per essere

facilmente collegata all'aeroporto e alle città vicine tramite strade e ferrovie.

Inoltre l'espansione della città è già stata pensata in modo da contrastare il fenomeno della dispersione che affligge molte altre città, permettendone così una crescita controllata.

Masdar City prevede l'utilizzo di veicoli elettrici ed è strutturata in modo da essere fruita per la maggior parte a piedi secondo percorsi lunghi al massimo 200 metri per raggiungere la più vicina stazione di trasporto veloce. Le sue strade sono come avvolte in un guscio che incoraggia la mobilità pedonale al riparo dalle condizioni climatiche esterne, mentre tutto intorno alla città si sviluppano campi di distese fotovoltaiche e eoliche, nonché piantagioni e fattorie, per rendere la città totalmente autosufficiente.

Il cuore dell'insediamento è rappresentato dalla Masdar Plaza, secondo il progetto curato da LAVA Architects.

L'intera area è stata pensata come uno spazio continuo, interattivo, in cui spazio esterno e



LAVA Architects, *Masdar Plaza*, 2007

Fonte: www.masdar.ae

interno si fondono e in cui è possibile camminare in una sorta di “Oasi del Futuro”, con boschi artificiali di alberi dotati di celle solari e altre tecnologie sostenibili e interattive che regolano, ad esempio l’illuminazione.

In questa sorta di “foro” contemporaneo è possibile fruire nel massimo comfort di tutte le funzioni della città.



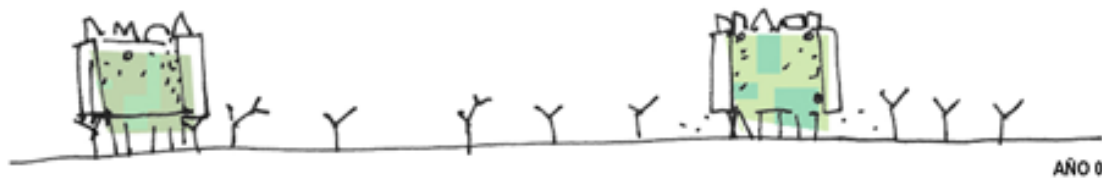
LAVA Architects, *Masdar Plaza*, 2007

Collettori solari a forma “albero”

Fonte: www.masdar.ae

Note:

¹ Lars Ostfeld Riemann. Testo originale in inglese: «*Zira Island will be an important step into the future of urban development in Caucasus and Central Asia. By help of the wind, the sun and the waste the Island will produce the same amount of energy as it consumes. In a society literally built on oil this will serve as a showcase for a new way of thinking sustainable planning. Following other ambitious eco-city projects like Dongtan in China and Masdar in Abu Dhabi this project will cause the carbon emissions of people living there to decline over the next decade.*». Fonte: www.dezeen.com



5.5 I sistemi diffusi per l'energia elettrica

210

Ecosistema Urbano, *Eco Boulevard in Vallecas*, Madrid, 2004-2007

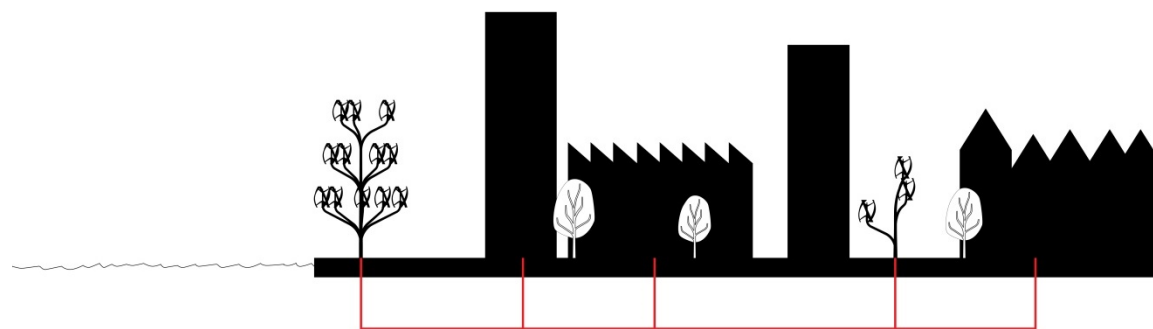
Schizzi di progetto

Fonte: www.ecosistemaurbano.com

In accordo con la contemporanea visione di una rete dell'energia elettrica sempre più flessibile e non gerarchizzata, si trovano sempre più frequentemente studi, ipotesi e in qualche caso anche realizzazioni di sistemi diffusi per la produzione di elettricità pensati per la scala urbana.

Per i progetti realizzati possiamo parlare di operazioni di “innesto” di micro-sistemi energetici installati per le città, che puntano ad una maggiore sostenibilità delle città stesse e a un migliore utilizzo delle risorse.

Oltre ai sistemi micro-eolici, che rappresentano i progetti che maggiormente vengono realizzati, si trovano anche nuove tipologie architettoniche che trovano il loro movente nella tematica energetica e che sono in grado di dare vita a nuovi spazi urbani in cui valori funzionali e figurativi convivono.



211

NL Architect, *Power Flowers*, 2010
Schema di funzionamento dei Power Flowers inseriti in un contesto urbano
Immagini per gentile concessione di NL Architects

NL Architect, *Power Flowers*, 2010

I *Power Flowers*, o “mulini a vento urbani”, sono il frutto di una ricerca condotta dallo studio olandese NL Architects sulle potenzialità scultoree dei sistemi dell'energia eolica, che nasce con lo scopo di rispondere all'interrogativo sulla convertibilità di una infrastruttura energetica in un oggetto non solo altamente efficiente ma anche di elevato valore qualitativo e figurativo.

Una delle prime questioni su cui gli architetti olandesi si sono concentrati è stata proprio la grandezza di questi oggetti. Infatti affinché le pale eoliche siano pienamente efficienti, e per neutralizzare gli effetti causati dalle turbolenze, lo spazio tra gli aerogeneratori deve essere cinque volte tanto il diametro sviluppato dalla pala che ruota. Dunque il primo *step* in fase di *concept* è stato quello di chiedersi se fosse possibile ottimizzare lo spazio consumato densificando la rete.

La soluzione è stata dunque rimpicciolire gli aerogeneratori. Infatti, se è vero che la grande scala ha sicuramente dei vantaggi in termini di

potenza energetica prodotta, meno turbine da dover installare e meno manutenzione, c'è però la questione dell'impatto visivo e sonoro cui tenere conto.

Con il diffondersi delle *smart grids*, i progettisti si sono dunque domandati se fosse più semplice poter installare unità più piccole, e quindi meno efficaci, ma anche meno impattanti.

Per lo sviluppo di tale progetto si sono avvalsi del prototipo di pala eolica chiamato “Eddy”, sistema flessibile grazie al suo asse verticale strutturato in maniera tale da sfruttare il vento proveniente da tutte le direzioni.

Lo sforzo di NL Architects è stato dunque quello di disegnare delle microturbine eoliche che fossero esteticamente accattivanti.

Lo scenario urbano che viene a prefigurarsi è di città o quartieri in cui questi moduli diventano nuovi elementi di arredo urbano con una grande potenziale funzionale, nonché un nuovo modo di intendere l'infrastruttura dell'energia elettrica in città.

NL Architect, *Power Flowers*, 2010
Immagini per gentile concessione di NL Architects



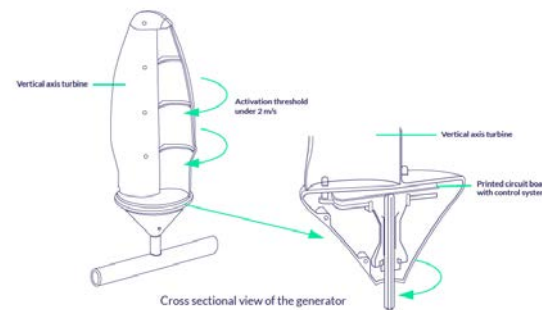
I progetti di “Newind”

Un tipo di ricerca analogo a quello svolto dagli NL Architects, è condotto tramite i progetti dell'azienda “Newind” che, secondo le parole del suo direttore generale Jérôme Michaud-Larivière nasce nel 2011 con l'idea di *«portare un servizio elettrico originale, di qualità, al maggior numero di persone possibile, eliminando il concetto stesso di “turbina eolica” e trasformandola in una forma più organica possibile. Ci siamo resi conto subito che [...] siamo stati in grado di produrre qualcosa di più - una certa connessione con la bellezza, anzi un sentimento o un'emozione – con un modesto ma essenziale contributo alla nascita delle città sensibili. L'enorme successo che abbiamo incontrato ogni giorno dimostra che i consumatori sono pronti a cambiare il loro modello energetico»*¹.

Attualmente questi alberi artificiali, più simili a delle sculture artistiche che a delle microturbine eoliche, sono state installate in numerosi luoghi come la piazza della Banca Piguet Galland a Ginevra, nel gennaio 2016 per fornire energia

all'edificio. La banca ha inoltre assunto il progetto di Newind come simbolo della propria visione di rinnovo e sostenibilità.

Gli alberi del vento sono stati inoltre installati nel 2015 nel sito di Paris-Le Bourget che ha accolto la conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. Gli alberi hanno in questa occasione contribuito all'alimentazione dei LED con cui erano illuminati gli spazi della conferenza.



Disegno della microturbina di “Newind”

Alberi “Newind” davanti alla banca Piguet Galland, Ginevra, 2016



213



Alberi “Newind” nel sito Paris-Le Bourget, Parigi 2016

Fonte delle immagini: www.newwind.fr

Ecosistema Urbano, *Eco Boulevard in Vallecas*, Madrid, 2004-2007

Il progetto “Eco-boulevard” ideato dallo studio di architettura Ecosistema Urbano, può essere considerato come una operazione di “riciclo urbano”, consistente nell’inserimento di una struttura leggera che i progettisti definiscono come un “albero dinamizzatore”, in grado di attivare un processo di socializzazione urbana, e di svolgere diverse funzioni: densificare le porzioni di verde esistenti nell’area di progetto, contribuire a migliorare l’arredo urbano, e infine gestire il traffico tramite la regolarizzazione di una porzione stradale.

Ma l’albero dinamizzatore è molto di più. Il concorso per l’Eco-boulevard promosso dal distretto di Vallecas, a Madrid, nasce con un duplice intento, quello di realizzare un’area da destinare ad attività sociali, e un altro che riguarda l’adattamento bioclimatico di uno spazio esterno.

La scelta degli architetti è stata di realizzare tre strutture effimere, piuttosto che un edificio

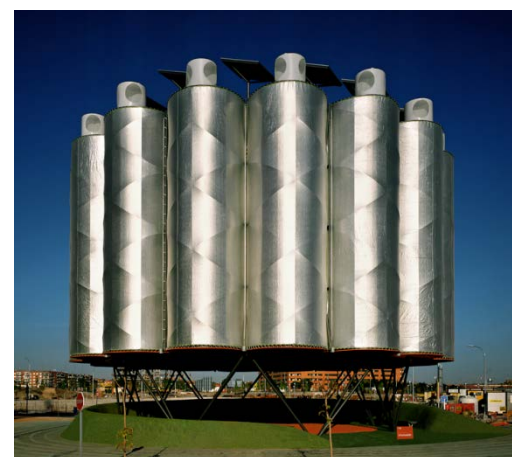
costruito, smontabili e rimontabili altrove all’occorrenza.

L’albero è una struttura autosufficiente in termini energetici poiché vi si trovano installati pannelli fotovoltaici che generano un surplus di energia elettrica rispetto a quella che serve per il suo stesso funzionamento e che viene quindi ceduta alla rete elettrica esistente.

Inoltre il sistema, che integra criteri di progettazione bioclimatica, elementi verdi e sistemi di ventilazione, è in grado di abbassare la temperatura dell’area in cui è inserito di circa 10 gradi.

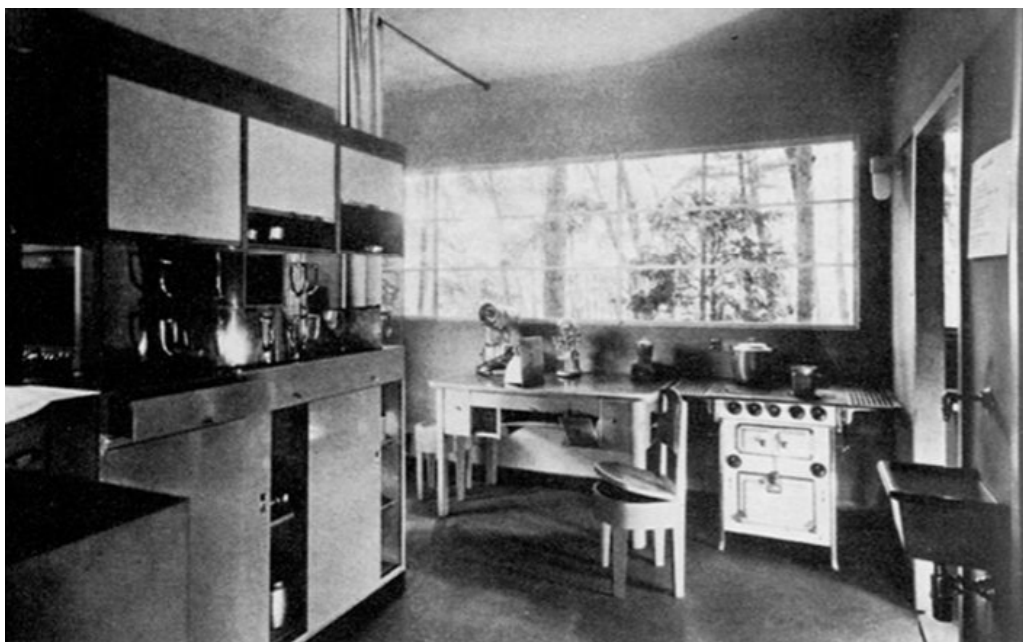
Questo tipo di operazioni dimostra come sia possibile creare nuovi e originali tipi di spazi urbani generati dall’incontro tra l’architettura e l’ingegneria del settore elettrico, che possono prendere la forma di strutture leggere esportabili anche in altri contesti urbani e in grado di configurarsi come attivatori anche di processi sociali.

Ecosistema Urbano, *Eco Boulevard in Vallecas*, Madrid, 2004-2007
Foto delle tre tipologie di padiglioni progettati
Fonte: www.ecosistemaurbano.com



Note:

¹ Presentazione del progetto da parte di Jérôme Michaud-Larivière. Fonte: www.newwind.fr/en/newwind/



PARTE VI. LA CASA | Da “punto di arrivo” a “nodo di partenza”

216

La cucina del “La Casa Elettrica”, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930
Fonte: ArchiDiAP - www.archidiap.com

La casa è stata sempre considerata l'approdo finale del percorso dell'energia elettrica.

Non a caso dopo il suo ingresso in città, l'obiettivo principale fu quello di introdurla negli ambienti domestici, con l'intento di diffonderla al maggior numero di persone, anche per motivi sociali.

Agli occhi contemporanei ogni cambiamento tecnologico non sembra più stupire, abituati ormai sia ai nuovi oggetti di cui ci circondiamo sia per la rapidità con cui nuove scoperte si susseguono. Ma nell'epoca dei grandi cambiamenti, in particolare tra la fine dell'Ottocento e i primi venti anni del Novecento, i cambiamenti introdotti dalle applicazioni elettriche in particolare, sconvolsero l'organizzazione degli Stati, sia sul piano economico che delle grandi trasformazioni intervenute.

Come detto, nelle prime fasi di introduzione del sistema elettrico nelle abitazioni, tali cambiamenti riguardano solo gli strati alti della società, per poi diffondersi solo in un secondo

momento ai ceti medi ed infine popolari.

Le applicazioni elettriche trovano l'occasione di essere presentate durante le esposizioni nazionali e internazionali, in cui i tecnici e gli imprenditori possono scambiarsi nozioni e presentare i progetti.

Agli occhi del pubblico tali eventi rappresentano invece un modo per entrare in contatto con una nuova forma di energia le cui regole di funzionamento rimangono ancora un mistero per molti: la luce elettrica, il campanello elettrico e il telefono suscitano stupore.

L'elettricità, una volta entrata nell'ambiente domestico, ha sortito profonde trasformazioni sia in termini spaziali sia dei modi di vivere la casa.

L'esperienza dell'elettricità si manifesta in prima battuta sotto forma di luce. Questa non si limita quindi più ad essere esperita solo nei locali pubblici, passeggiando di sera per le strade o prendendo il tram, ma a poco a poco anche nel privato della propria abitazione. È certamente un percorso lento in quanto fin da subito l'elettricità domestica si manifesta come bene di lusso, ma

anche all'inizio del '900 (e in casi particolari anche alla fine dell'Ottocento) troviamo già alcuni esempi di "case elettrificate".

Sebbene vi fosse un copioso impegno da parte delle società elettriche nel pubblicizzare l'acquisto e l'impiego dei primi prototipi di elettrodomestici, gli impieghi elettrici nelle case erano concentrati principalmente sull'illuminazione degli interni.

Il design industriale dell'epoca infatti cominciò a proporre le più svariate forme e fogge dei lumi, contribuendo in questo modo a ridisegnare anche gli ambienti interni, privati, e non solo quelli esterni e pubblici, orientando le scelte degli architetti verso progetti di case funzionali, sicure e maggiormente organizzate.

Dal momento della sua introduzione con le prime applicazioni luminose, fino ai giorni nostri, si sono susseguite ricerche sulla casa in relazione alle scoperte tecnologiche del sistema elettrico.

All'interno del capitolo si mostrerà come la casa sia passata attraverso diversi cambi di paradigma.

La casa “elettrica” ha attraversato diverse fasi, da quando essa era priva della più basilare forma di energia, la luce, all'epoca del boom in cui aumentano i consumi e gli elettrodomestici si fanno bene indispensabile, ai tempi odierni in cui si riporta all'attenzione l'importanza del risparmio delle risorse e di una corretta gestione dei consumi, attraverso la casa “intelligente”.

Per mezzo dell'installazione di sistemi atti alla produzione di energia elettrica, è passata dall'essere l'utente finale *par excellence*, a “nodo di partenza” per la generazione di nuova energia elettrica.

In altre parole si è passati dalla “casa che consuma” alla “casa che produce”.



6.1 La casa si trasforma con l'elettricità 220

Foto della cucina elettrica della "Villa Féria Electra" di Georges Knap a Troyes, Francia, 1907

Tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento quindi, l'elettricità comincia a estendersi anche agli usi civili e ad entrare nelle abitazioni private, come ultimo passaggio verso l'adozione definitiva di questo tipo di energia.

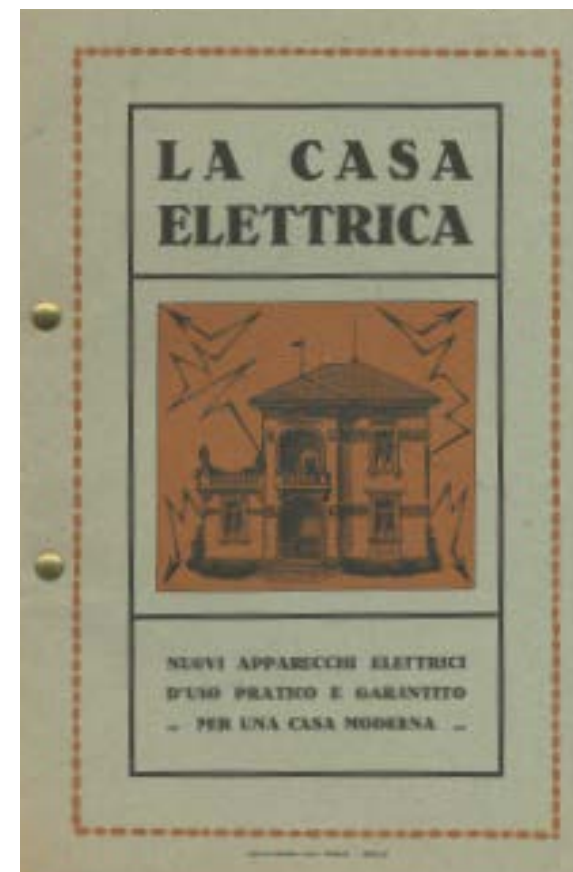
Si trattava delle case dei ceti più agiati, ovviamente, che cominciavano a dotarsi delle comodità proprie dell'abitazione moderna: accanto al gabinetto cominciava ad essere affiancata una vera e propria stanza da bagno (e questo grazie anche al diffondersi degli impianti idraulici domestici), il riscaldamento avveniva per mezzo di stufe interposte tra le varie stanze, e la cucina cominciava ad attrezzarsi con nuovi "oggetti elettrici" (forni e *frigidaires* in particolare). Come detto, la prima forma con cui l'elettricità si palesa all'interno dell'abitazione è la luce.

Da sempre questa rivestiva un ruolo centrale nella casa, sia che si trattasse di un camino che di una semplice lampada ad olio, ma sotto forma di lampada ad incandescenza era in grado di suscitare i più grandi entusiasmi.

A favorire l'impiego della luce elettrica all'interno delle case vi furono anche motivi legati alla sicurezza e all'igiene degli ambienti. Infatti le lampade a petrolio e a gas non solo assorbivano l'ossigeno dell'aria, ma erano la causa di frequenti incendi, emanavano cattivi odori e comportavano un rapido invecchiamento delle decorazioni e dell'arredamento delle case.

L'illuminazione elettrica della casa mutava anche la percezione serale degli ambienti, così come accadde per l'illuminazione delle strade, oltre agli altri requisiti che la rendevano maggiormente attraente rispetto ai passati sistemi di illuminazione. Durante il primo conflitto mondiale, poi, la scarsità del petrolio contribuirà alla definitiva adozione della lampadina ad incandescenza.

Tra la Prima e la Seconda guerra mondiale si assiste alla prima apparizione degli elettrodomestici attraverso l'introduzione, in particolare, di scaldabagni, ferri da stiro,



Copertina di un depliant delle officine E. Roveglia & Figlio di Brescia, anni Trenta
Fonte: Paoloni G., Martelli M., *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012

apparecchi radio, telefono. La ricerca tecnologica sugli elettrodomestici comincia in realtà da molto prima: ad esempio durante l'Esposizione di Vienna del 1883 vennero presentati i primi prototipi di coperte e scaldavivande elettrici; nel 1891 H.W. Seely realizzò invece il ferro da stiro elettrico.

Sebbene ad uno stadio ancora rudimentale, queste invenzioni ci dimostrano come si stesse prefigurando un forte cambiamento della vita domestica, con ricadute sia sugli ambienti sia sulla società (una su tutte, l'emancipazione della donna).

Accanto alla luce, il telegrafo prima e il telefono poi, furono i principali strumenti introdotti nella vita sociale, in quanto garantivano l'immediatezza delle comunicazioni e una facilità nel ricevere e inviare informazioni.

Alla fine degli anni Ottanta dell'Ottocento le comunicazioni passano dall'essere solo scritte e divengono messaggi inviati con la voce. All'Estero si intraprendono tutta una serie di azioni per costituire una apposita rete per la

telefonia. In Italia dovremo attendere i primi anni del '900 affinché il sistema cominci a diffondersi. All'inizio il telefono non serviva solamente per comunicare, ma si comportava a tutti gli effetti come una radio, un vero e proprio mezzo di intrattenimento.

Il primo esperimento di questo genere in realtà avvenne già nel 1877 negli Stati Uniti con la trasmissione di parole da Salem a Boston, dove venne ascoltata da una folta platea di un anfiteatro.

Il giornale *“L'illustrazione italiana”* divulgherà la notizia con un articolo dal titolo *“Il telegrafo parlante”*, in cui si spiega: *«Nulla impedirebbe di prendere in affitto un filo telegrafico e di udire a domicilio la migliore orchestra del mondo»*¹.

Ed in effetti è ciò che accadde nelle case di diversi paesi europei, in cui vi era un fitto palinsesto di programmi “radio-telefonici” cui i diversi cittadini erano abbonati. Tramite la cornetta si potevano ascoltare concerti e musica. Nel 1905 tale tipo di telefonia viene introdotta anche in Italia, all'inizio solo a Roma nella quale

prese avvio solo nel 1909. Il ministero delle Poste esitò tanto prima di consentire che la nuova tecnologia si diffondesse nelle case poiché preoccupato dall'impossibilità di poter filtrare precedentemente le informazioni che sarebbero entrate tra le mura domestiche, potenzialmente pericolose per la “moralità domestica”².

Tale strumento è essenzialmente domestico, l'abbonato dispone dapprima di un ricevitore fisso a parete, e poi di ricevitori mobili; ciò di cui poteva godere, oltre ai programmi di intrattenimento musicali, erano anche le notizie di Borsa e di politica, poteva inoltre ascoltare la rassegna stampa nazionale, e accedere a lezioni di lingua e alle letture.

Qualche anno dopo, nel 1923, sempre a Roma entra in funzione la prima stazione radiofonica.

I servizi di telefonia e di radiofonia vengono così distinti e la radio entra nelle case come altro nuovo apparecchio elettrico, da cui gli abbonati possono godere di un vasto programma di intrattenimento casalingo.

Stava quindi nascendo tutta una nuova tipologia abitativa, in cui la casa comincia ad essere vissuta a pieno come luogo di comfort e di vita privata, e non solo come solo luogo in cui ritirarsi, unitamente ad un nuovo modello di organizzazione domestica, che segnava uno stacco profondo dai modi di vita e dalle abitazioni precedenti.

Il contrasto con gli stili di vita e le abitazioni dei ceti popolari meno abbienti diventava in questo modo ancora più evidente, proprio perché andava ad incidere direttamente sulla vita quotidiana della persone, e ciò contribuiva a rafforzare l'impegno in direzione di una maggiore diffusione dei benefici riguardanti l'introduzione del sistema elettrico nelle abitazioni, poiché si faceva via via più forte la convinzione che questi dovessero riguardare tutta la cittadinanza.

La casa di William Armstrong a Cragside, Inghilterra, 1880

I primi ad introdurre il sistema elettrico nelle proprie abitazioni furono non solo le persone più abbienti, ma senz'altro anche i pionieri dell'elettrificazione nonché appassionati tecnici ed esperti del settore. Vi era certo una buona dose di esibizionismo sociale, ma anche la volontà di sperimentare le nuove applicazioni e rendere la vita in casa meno laboriosa.

Fra questi vi è William Armstrong, imprenditore nell'industria metalmeccanica e degli armamenti, che dotò già nel 1880 la sua spettacolare dimora di Cragside, nel Northumberland, Inghilterra, di un complesso impianto autonomo di elettricità domestica. Alimentato dalle turbine mosse dalle acque di un lago nelle vicinanze, di fatto una centrale idroelettrica, l'impianto elettrico serviva oltre che per l'illuminazione, anche per azionare un ascensore a meccanismo idraulico, una cucina dotata di spiedo elettrico, il sistema di

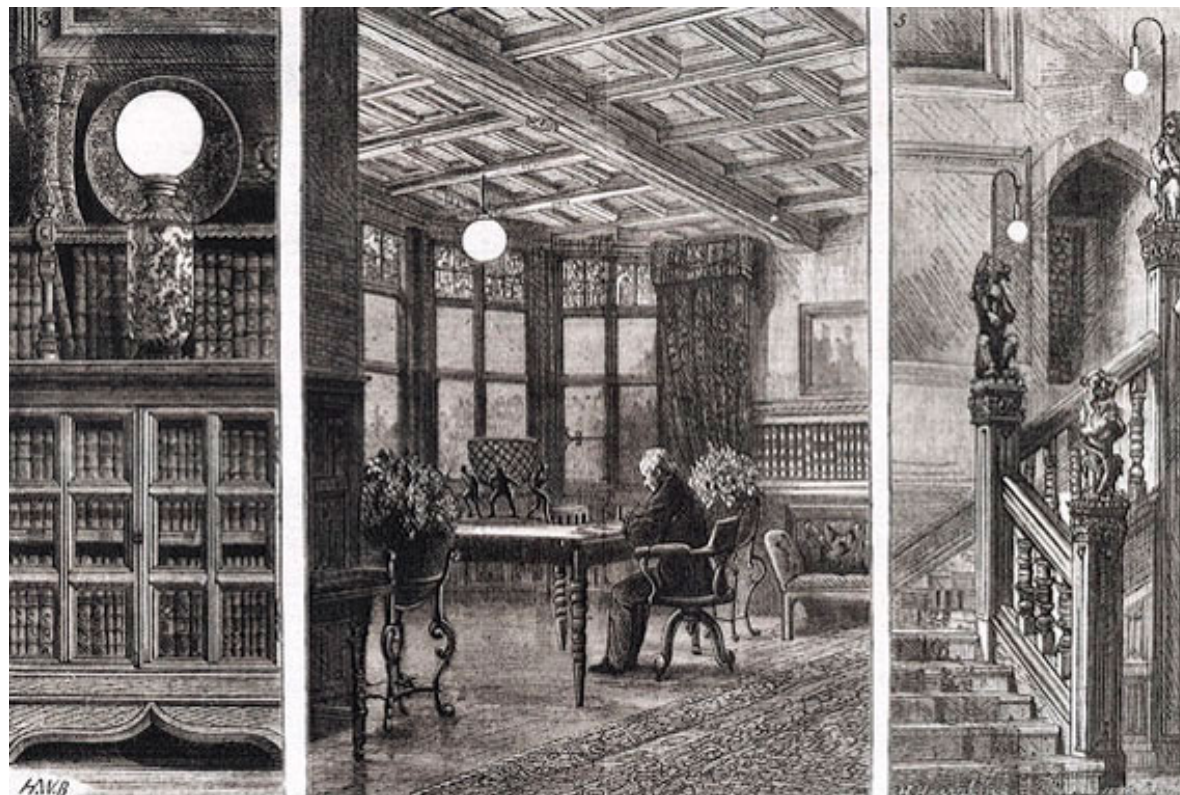


Illustrazione della casa a Cragside di William Armstrong, nella quale è possibile vedere la varietà delle fonti luminose presenti.

Fonte: www.williamarmstrong.info

riscaldamento, una macchina da cucire elettrica, un sistema che metteva in moto diversi gong e campanelli, un collegamento telefonico tra le varie stanze della casa, e un meccanismo per spostare i vasi di piante presenti nella serra.

La casa attirò le attenzioni dei suoi contemporanei che, suggestionati dalle vivide luci che si potevano vedere dall'esterno, erano convinti che qualcosa di inusuale accadesse nella dimora, tanto che le cronache dell'epoca definirono la villa di Cragside come «il palazzo di un mago moderno»³.

Alla fine del 1880 Joseph Wilson Swan, che brevettò la lampada ad incandescenza con filamento di carbonio, chiese ad Armstrong se potesse vedere la sua stessa invenzione applicata nella casa di Cragside, poiché: «Per quanto ne so, Cragside è la prima casa in Inghilterra ad aver installato le mie lampade elettriche» e prosegue «È stata una piacevole esperienza per tutti e due quando la galleria fu illuminata. La velocità della dinamo non era stata correttamente regolata per produrre

l'intensità di corrente richiesta. Era troppo veloce, e la corrente troppo forte. Di conseguenza, le lampade avevano una luminosità ben superiore al normale – ma l'effetto era splendido»⁴.



Foto della turbina "a vite di Archimede" recentemente riprodotta che servirà per alimentare l'impianto di illuminazione della casa a Cragside
Fonte: www.dailymail.co.uk

La *Villa Féria Electra* di Georges Knap a Troyes, Francia, 1907

Un'esperienza del tutto simile alla dimora a Cragside, venne intrapresa da Georges Knap, un inventore originario di Troyes, Francia, che nei primi anni del Novecento fece costruire nella piccola cittadina della Champagne-Ardenne la sua *Villa Féria Electra*.

Come per la casa di Armstrong, anche la villa di Knap, che potremmo considerare il primo esempio di casa domotica, suscitò presto le attenzioni di quanti la ammiravano e che così la descrivevano: «una sorprendente villa elettrica che molta gente andava a guardare a distanza come se si fosse trattato di un castello infestato dagli spiriti»⁵.

Dall'esterno non si notava nulla di insolito se non, come testimoniato da un giornalista dell'*Evening Post* nel 1908: «l'assenza di un camino»⁶. Il riscaldamento mediante stufe elettriche utilizzato sia per gli ambienti che per l'acqua, aveva consentito di apportare sostanziali cambiamenti rispetto alle case cui si era abituati e che, nella maggior parte dei casi,

possedevano il camino.

Già dal primo impatto con la casa, all'ingresso, ci si poteva ben rendere conto delle novità e della particolarità della villa elettrica: l'apertura del cancello di entrata era automatico, alla porta di ingresso vi era una spazzola elettrica rotante per pulire le suole delle scarpe dei visitatori, tutti elementi che da subito indicavano «chiaramente la parte che l'elettricità è destinata a svolgere nella casa del futuro»⁷. All'interno della villa, poi, vi erano svariate applicazioni elettriche che andavano dalla semplice illuminazione, al riscaldamento, al "portiere elettrico" per la consegna della posta o la comunicazione dell'arrivo dei visitatori (il citofono)⁸, alle apparecchiature di cui era dotata la cucina, fino ad arrivare ad un montacarichi elettrico che serviva per portare le pietanze dalla cucina posta al piano inferiore direttamente sulla tavola nella sala da pranzo al piano superiore, direttamente ai posti dei commensali.



Una foto dell'esterno di "*Villa Féria Electra*"
Fonte: www.periodpaper.com

La casa domotica così composta non necessitava di molto personale di servizio, se non di una sola persona, non a caso un elettricista. Georges Knap avrebbe poi continuato le sue ricerche sulle case elettriche, fino a presentare il suo ultimo modello di una di queste all'Esposizione Universale di Parigi nel 1937.

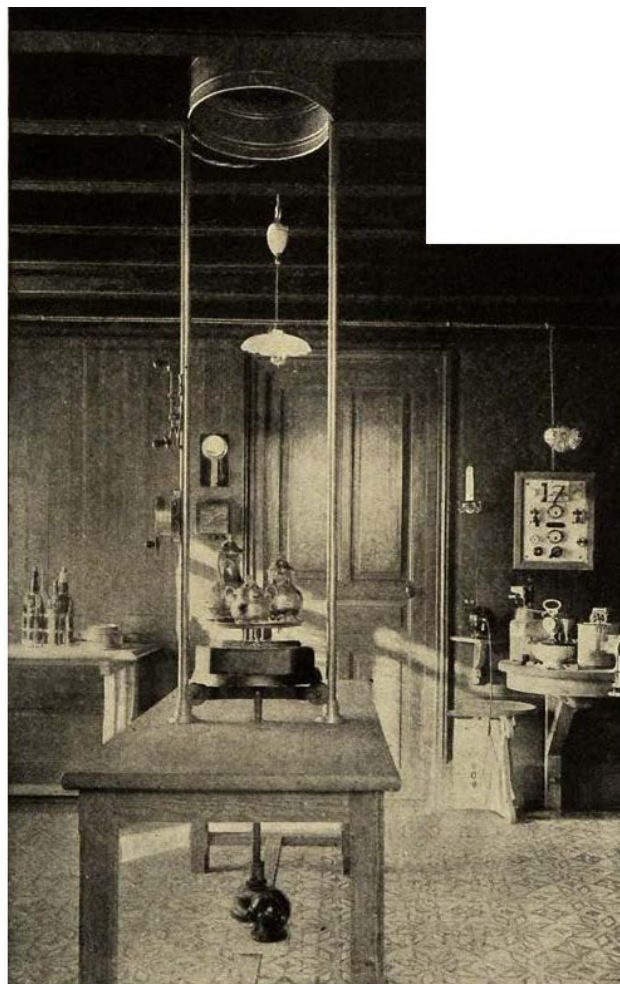


Foto del montacarichi di collegamento tra la cucina e la sala da pranzo
Fonte: www.periodpaper.com

Note:

¹ Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012, p. 35

² Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012, p. 41

³ Rienzo M. G., *L'elettricità nella vita civile* in Barone G. et al.; Galasso G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 3 – *Espansione e oligopolio. 1926-1945*, tomo primo, Editori Laterza, Bari, 1993, p. 510

⁴ Il testo in inglese si trova su: www.williamarmstrong.info/science

⁵ Barone G. et al.; Galasso G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 3 – *Espansione e oligopolio. 1926-1945*, tomo primo, Editori Laterza, Bari, 1993, p. 511

⁶ Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012, p. 18

⁷ Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012, p. 18

⁸ La spiegazione del funzionamento di tale sistema di comunicazione e di consegna della posta ci è fornito direttamente da Knap, in un articolo del 1907 redatto dal giornalista Frederic Lees, dopo la visita alla casa: «*But let me show you my means of controlling the gate at the entrance – a feat that many of the people of Troyes, who stand sometimes in little crowds in the street yonder to watch the gate open and shut, have not yet been able to understand. At the top right-hand corner of this plaque you see a bell, the ringing of which tells me that there is a visitor. With the receiver to my ear, I ask who is there, and if I don't happen to get a reply I glance out of the window to my left on to the large and slightly convex mirror of the periscope, which, by reason of its relative position to other mirrors, enables me to see right out into the road. Yes; the telephone is a loud-speaking one, and the microphone at the gate is so sensitive that a person replying to me in quite a low tone of voice can be heard by me quite distinctly. [...] Finally, this iron mask, with wide-open eyes and mouth, is another means of knowing what is going on at the entrance two hundred yards away. When there is a visitor white discs appear in the eyes; when letters are dropped into the box a white label appears in the mouth*».



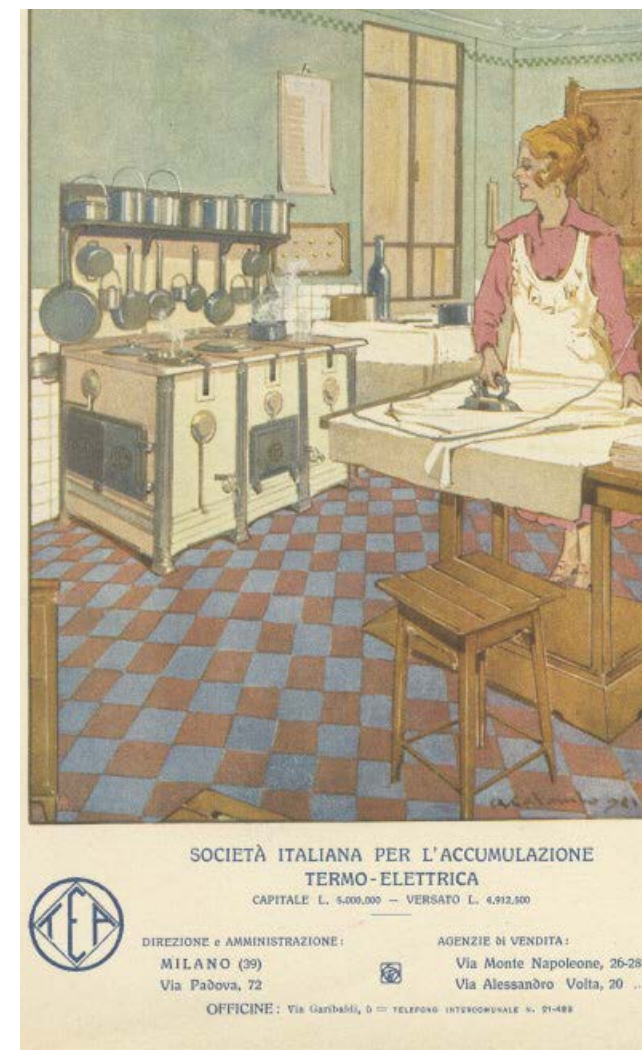
«La vista della sua stanza, inondata di chiarezza e dovunque adornata da schiere di bottoni elettrici, valse a rinfrancarla. Bottoni e interruttori dovunque: il bottone del cibo, quello della musica, l'altro del vestiario. Vi era il bottone del bagno caldo, premendo il quale affiorava dal pavimento una vasca di marmo (imitazione) rosa, colma fino all'orlo di un liquido caldo, perfettamente deodorato. Vi era anche il bottone del bagno freddo; e quello che emanava la letteratura. Poi, naturalmente, aveva i suoi bravi bottoni per comunicare con gli amici. Pur non contenendo nulla, quella stanza era in perpetuo contatto con le cose che per lei contavano al mondo»¹.

Se nel periodo dei grandi cambiamenti, dal 1880 al 1914, l'illuminazione fu bene esclusivo degli ambienti borghesi, vi erano alcune applicazioni dell'elettricità che continuavano a rimanere inaccessibili anche ai ceti sociali più abbienti, infatti molti degli elettrodomestici che si sarebbero diffusi successivamente nacquero in

realtà prima del 1914, ma non poterono essere introdotti nelle abitazioni private proprio a causa dei costi e dei consumi elevati, come già spiegato in precedenza.

Tali applicazioni e le altre invenzioni in campo elettrico non avrebbero avuto modo di esistere se non fossero state introdotte le prese e le spine: gli impianti elettrici fanno la loro prima comparsa nelle abitazioni oltre che negli altri edifici civili. Brevettate agli inizi degli anni Novanta del Novecento, si diffusero maggiormente circa dieci anni dopo con l'introduzione della spina separabile e delle prese in porcellana.

I cambiamenti introdotti sull'arredo domestico grazie all'introduzione di questi nuovi "oggetti elettrici"², quali lampadine, prese, interruttori, spine, in alcuni casi anche il telefono come si è visto, contribuirono alla spinta verso la modernizzazione della casa e della vita quotidiana. Durante gli anni Venti vi furono intense campagne pubblicitarie intraprese dalle



231

Illustrazione della Società Italiana per l'accumulazione termo-elettrica, rivolta in particolare alle donne per pubblicizzare i nuovi elettrodomestici

Fonte: Paoloni G., Martelli M., *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012

società elettriche per diffondere l'idea di quanto più confortevole e organizzata fosse una casa ben illuminata (in particolare l'ambiente della cucina), per meglio rispondere alle esigenze della vista.

In particolare si consigliava l'uso di poche lampade ma a grande intensità luminosa per diffondere la luce a tutti gli ambienti, accostandole ad altre lampade che avrebbero fornito una illuminazione più puntuale.

Nonostante tali sforzi, fino agli anni Trenta l'illuminazione privata in Italia era ancora un bene che solo pochi potevano permettersi.

Al contrario di paesi quali la Germania o gli Stati Uniti, dove il sistema elettrico domestico era oramai stato introdotto e in uso da anni l'Italia, come detto, era ancora lontana dall'utilizzare i nuovi apparecchi elettrici quotidianamente.

Nei paesi in cui l'elettricità domestica era maggiormente diffusa, essa assumeva un ruolo importante già nella fase di progettazione degli appartamenti, per cui sia la costruzione degli edifici che l'arredamento degli interni ne erano

assoggettati.

Gli architetti di quegli anni erano impegnati nella progettazione di pannelli luminosi e altri apparecchi di illuminazione per i proprietari più abbienti, ma la vera modernità di una casa dipendeva per la maggior parte dalla presenza di un nuovo ambiente: la "cucina elettrificata".

Negli appartamenti di città, questa inizia a configurarsi come un vero e proprio ambiente a se stante, dedicato alla preparazione del cibo e perciò staccato dal soggiorno-sala da pranzo, verrà dotata man mano di tutti i comfort derivanti dall'introduzione degli elettrodomestici.

Ben diversa dunque dalla cucina descritta da Emile Zola nel suo romanzo *Il ventre di Parigi* del 1873: «La cucina era così grande che ci si stava comodamente in parecchi, seduti attorno alla tavola quadrata, posta nel mezzo, senza intralciare il lavoro. Le pareti della stanza, illuminate dal gas, erano rivestite ad altezza d'uomo di piastrelle bianche e azzurre. A sinistra c'era un fornello molto grande a tre buchi entro i quali affondavano i loro fondi, neri per il carbone,

altrettante pentole panciute. Un altro fornello, rialzato da terra, con una cappa, serviva per la griglia, e sopra erano appese le schiumarole, i mestoli e i forchettoni; [...] A destra, contro il muro, il ceppo per tritare la carne. Enorme, di quercia, tutto intaccato e scavato e intorno a questo parecchi arnesi, una pompa per risciacquare, una pressatrice, una macchina per tritare che con le loro ruote e le loro manopole suggerivano l'idea misteriosa e inquietante di una cucina infernale.».

232

Sempre in città, gli appartamenti sono forniti di una stanza da bagno, mentre il soggiorno, come detto separato dalla cucina, diviene il nuovo cuore della casa. Durante gli anni Venti e Trenta in architettura si sviluppa un *modus operandi* che porterà gli architetti a sviluppare progetti di abitazioni tutte orientate al *comfort* casalingo. La casa diviene il nucleo centrale delle ricerche, poiché comincia anche a essere vissuta come realtà intima e appunto confortevole contrapposta alla dura realtà esterna fatta di lavoro e fatica.

Nelle moderne cucine elettrificate troneggia il frigorifero, che rappresenta il vero elettrodomestico della cucina dei sogni, unitamente alla lavabiancheria e alla lavastoviglie. Essi convivono accanto al mobile del grammofo e della radio, mentre la stanza più intima della casa, il bagno, ormai dotato anche di vasca, si arricchisce della presenza dell'asciugacapelli e dello scaldabagno.

Nei venti anni successivi si diffonderanno sempre più elettrodomestici quali lucidatrici, aspirapolvere, rasoi, frullatori, macinini e apparecchi televisivi.

Agli inizi degli anni Trenta iniziano le prime prove di trasmissione di immagini, fino ad arrivare al 1939 anno in cui viene realizzato il primo trasmettitore televisivo. La Seconda guerra mondiale interromperà le sperimentazioni su questo apparecchio, che riprenderanno soltanto intorno al 1947, e bisognerà aspettare il 1954 affinché le case si dotino dell'ultimo grande elettrodomestico, la televisione.

Gruppo 7 con Piero Bottoni, *La Casa Elettrica*, 1930³

Tra la fine degli anni Venti e l'inizio degli anni Trenta l'utilizzo degli elettrodomestici e delle altre applicazioni elettriche non era ancora così diffuso e adottato nella maggior parte delle abitazioni, e questo a causa sia delle tariffe del mercato elettrico che del costo degli oggetti in sé.

Per promuovere dunque l'acquisto di questi dispositivi, in particolare di scaldabagni e cucine, le diverse società elettriche in quegli anni intrapresero importanti campagne pubblicitarie.

Uno dei frutti di queste attività promozionali è proprio rappresentato da "La Casa Elettrica", voluta dalla società Edison e destinata ad una fascia di mercato medio-alta.

Realizzata nell'ambito della IV Triennale tenutasi a Monza nel 1930, dagli architetti del Gruppo 7 con Piero Bottoni, il padiglione espositivo si propone come tipico villino borghese da utilizzare come seconda casa.

Come raccontato dall'architetto Giacomo Polin, l'iniziativa dell'Edison: «rendeva pubblico il proprio progetto sia industriale che sociale, destinato a trasformare non solo l'assetto di un singolo settore produttivo, ma le forme stesse del lavoro e della vita quotidiana: l'elettrificazione della casa. Tale obiettivo, che

trovava nella costruzione della Casa Elettrica un momento di esemplare manifestazione pubblicitaria, si costruiva innanzitutto attraverso una campagna tendente a favorire e a popolarizzare l'illuminazione elettrica come tecnica e come forma moderna: l'illuminazione razionale.»⁴.



La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 - vista notturna.
Fonte: ArchiDiAP - www.archidiap.com

Il risultato di tale campagna pubblicitaria di certo non portò ad un significativo aumento dei consumi elettrici, ma “La Casa Elettrica” è un esempio rilevante sul piano sia culturale che architettonico: essa non solo dimostra come in quegli anni gli architetti fossero impegnati a studiare modelli di “casa da sognare”, ma si configura come esempio delle ricerche architettoniche di quel periodo, orientate a mostrare in che modo la

casa stesse cambiando e come dovesse essere la “casa del futuro”. Il progetto della casa, ormai, doveva tenere conto del dato impiantistico e di un nuovo dimensionamento degli spazi, basato anche sulla dimensione dei nuovi elettrodomestici.

La casa era stata interamente pensata per essere energeticamente gestita attraverso il solo uso dell'elettricità: illuminazione, elettrodomestici, riscaldamento degli ambienti e dell'acqua, ventilazione, cucina, erano tutti gestiti per mezzo dell'elettrificazione. Un «piccolo edificio temporaneo, che trovò nella

metafora della luce di radice futurista il segno di un utilitarismo industriale»⁵.

La casa-padiglione era un edificio a pianta rettangolare di 16 per 8 metri, organizzata su due livelli, con terrazza panoramica.

Nella parte frontale della casa c'era l'ingresso, a sinistra del quale si sviluppava la grande vetrata della serra, e il soggiorno, cuore centrale della casa, ambiente a doppia altezza che ospitava la

scala di collegamento tra il piano terra e la loggia superiore interna, attraverso la quale si giungeva alla terrazza panoramica e alle due logge esterne.

Al piano terra, sui lati corti del rettangolo, vi erano gli altri locali: a sinistra del soggiorno le camere da letto e il bagno, mentre a destra del soggiorno vi erano la sala da pranzo (unico ambiente eventualmente separabile tramite



La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 - vista interna sul soggiorno dalla serra; in primo piano l'aspirapolvere, uno dei tanti elettrodomestici esposti all'interno della casa.
Fonte: ArchiDiAP - www.archidiap.com

tende) e, dietro e separate da questa, la cucina-acquaio e un “letto di servizio” o “camera della donna”.

Le maggiori ricerche architettoniche, per le ragioni già espresse, riguardarono il nucleo della cucina e dell’acquaio, come testimoniato dalle parole dello stesso architetto che si occupò di questa parte di progetto, Piero Bottoni: «dove però l’organizzazione domestica raggiungeva il suo massimo sviluppo era naturalmente nel gruppo dei servizi di cucina e di salotto»⁶.

Il gruppo cucina-acquaio era separato dalla sala da pranzo per mezzo di una parete-credenza costituita da tre vani apribili: un passa-vivande (di collegamento tra la cucina e la sala da pranzo), un mobile rotante per stoviglie (di collegamento tra cucina, acquaio e sala da pranzo), e un passa piatti sporchi (di collegamento tra la sala da pranzo e l’acquaio).

Nell’acquaio si trovava anche la lavabiancheria, inoltre tutta l’acqua necessaria per questo ambiente, il bagno e la cucina, veniva prelevata

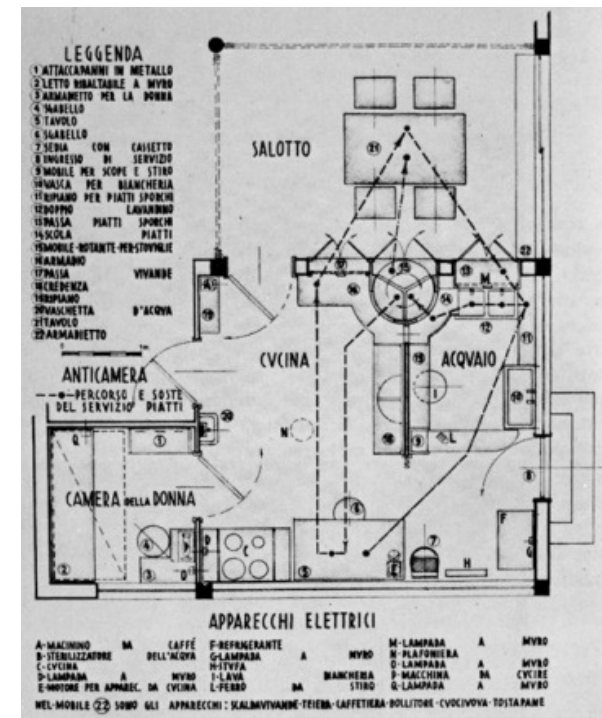
da un laghetto nelle vicinanze tramite pompe elettriche e poi sterilizzata tramite un ozonizzatore della “Ozono”.

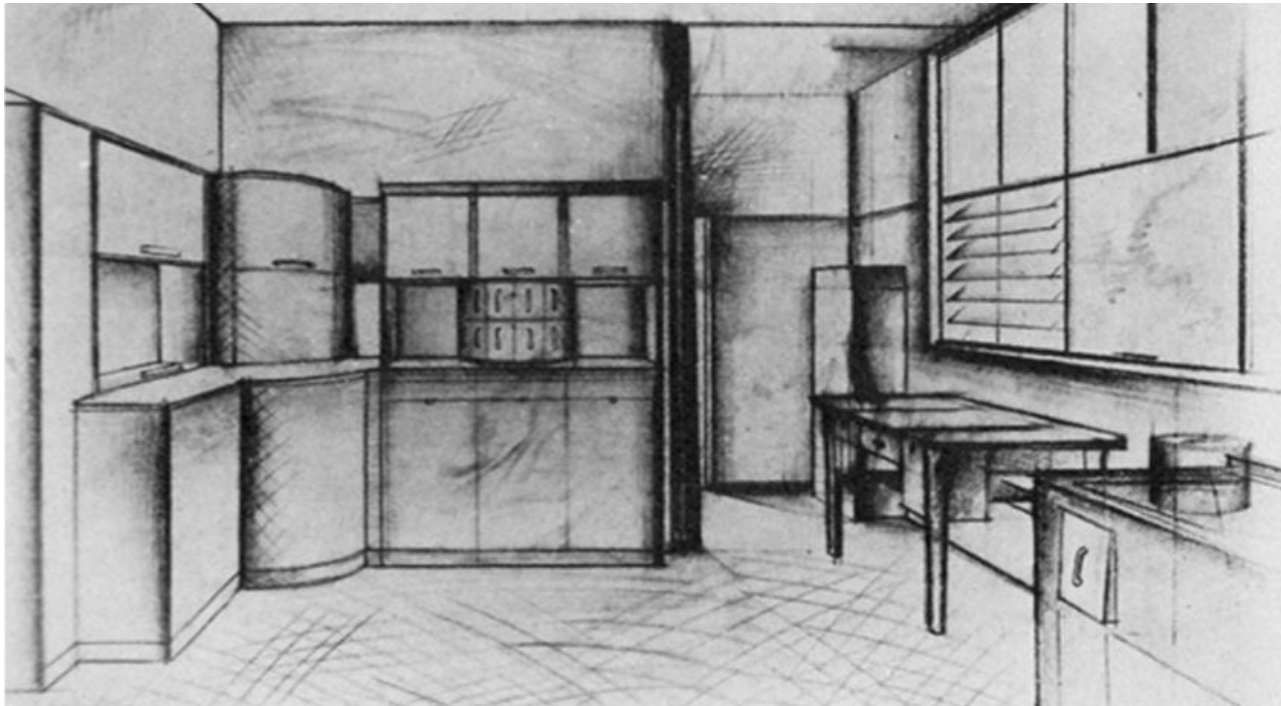
La casa incarnava in sé tutte le ambizioni della “casa moderna” e proponeva, quasi come parte dell’allestimento degli interni, un vasto campionario di applicazioni elettriche come elettrodomestici, lampade e macchine.

Dobbiamo immaginare l’impatto che tale proposta ebbe sulla società dell’epoca, in particolare sulle donne, abituate a fumose e insalubri cucine alimentate a carbonella o gas, con stufe a carbone o legna, come potessero essere sorprese dall’igiene e comodità di uso di un nuovo tipo di ambiente in cui tutto era comandato da semplici interruttori.

La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 - Pianta del gruppo cucina-acquaio-sala da pranzo.

*La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 – Foto della sala da pranzo con la parete-credenza a vani apribili.
Fonte: ArchiDiAP - www.archidiap.com*





La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 – Schizzo della cucina-acquaio.

237



La Casa Elettrica, Gruppo 7 con Piero Bottoni, 1930 – Vista esterna
Fonte: ArchiDiAP - www.archidiap.com

Note:

¹ Così lo scrittore Edward Morgan Forster descrive la stanza di Vashti la ricca intellettuale protagonista del racconto *"L'arrestarsi della Macchina"* (trad. di G. Fiori Andreini) in Edward Morgan Forster, *"I racconti"*, Garzanti, Milano 1988, p. 102.

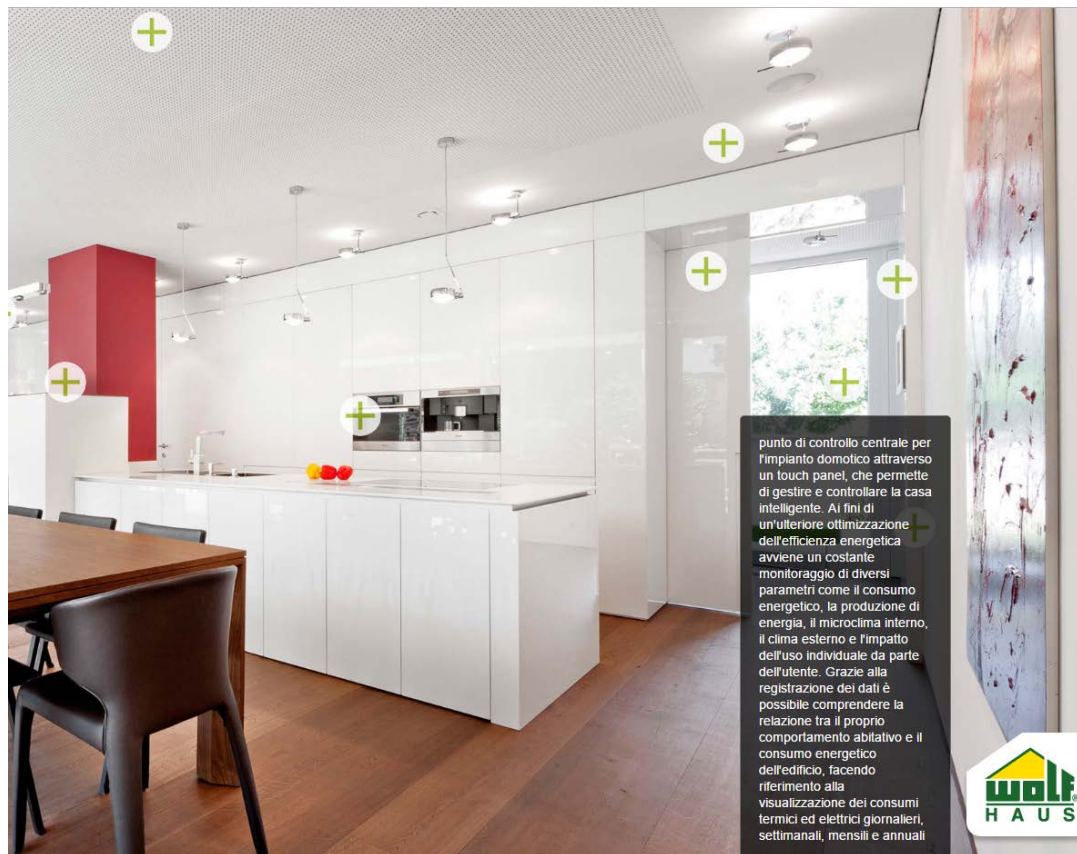
² L'espressione è ripresa da Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012

³ La *"Casa Elettrica"* viene presentata come un'opera del Gruppo 7, ma occorre fare alcune precisazioni in quanto in realtà il progetto è stato curato solo da alcuni dei suoi componenti. Originariamente pensata da Gio Ponti per essere affidata al Gruppo 7, fu l'occasione per Luigi Figini e Gino Pollini di lavorare in autonomia. Loro sono stati infatti i progettisti della casa e dell'arredo della camera degli figlio; Guido Frette e Adalberto Libera si sono occupati dell'arredamento del soggiorno e della camera doppia, mentre Piero Bottoni, esterno al Gruppo 7, dei locali di servizio quali cucina, acquaio, bagno e camera della domestica.

⁴ Polin G., *La Casa Elettrica di Figini e Pollini. 1930*, Officina, Roma 1982, pp. 52-55

⁵ Giacomo Polin, *Libera e il Gruppo 7*, in: AA.VV. *Adalberto Libera. Opera completa.*, Electa, Milano, 1989, p. 59

⁶ Una *"Casa Elettrica"*, 1930 in: *«Parole della Edison ai suoi utenti»*, a.III, n. 8/1930, pp. 25-28



6.3 Dalla casa elettrica alla casa domotica

240

L'introduzione del sistema elettrico nelle case, con tutte le sue diverse applicazioni, non solo modificò gli spazi domestici, ma anche il modo di fruire la casa. In particolare l'introduzione degli elettrodomestici cambiò totalmente il tipo di organizzazione sia domestica che familiare: la fatica di compiere le azioni quotidiane più pesanti quali cucinare, lavare le stoviglie, pulire gli ambienti, occuparsi del bucato, stirare, conservare gli alimenti, vennero notevolmente alleggerite dall'introduzione, come abbiamo visto, degli elettrodomestici, guadagnando anche tempo da dedicare ad altre attività.

Durante gli anni Cinquanta e Sessanta in particolar modo, il processo di sviluppo sociale consentito dall'introduzione della nuova tecnologia contribuì, tra le altre cose, all'emancipazione della donna cui questi lavori erano storicamente attribuiti, consentendole non solo di essere sollevata dalle incombenze delle casa, dalle azioni ordinarie, ma anche di potersi dedicare al lavoro e di sviluppare aspirazioni paritarie all'uomo.

Proprio negli anni Sessanta il boom economico e la maggiore disponibilità di risorse favoriranno un aumento dei consumi e degli acquisti di elettrodomestici, dando vita ad una fase di consumi inarrestabile che si protrarrà fino ai nostri giorni.

Le ricerche in campo elettronico e tecnologico applicate alla casa non potevano di certo terminare nel momento in cui la ormai non più nuova elettricità era diffusa, adottata e finalmente disponibile alla quasi totalità delle persone. Così, tra la fine degli anni Settanta e l'inizio degli Ottanta si registra il passaggio dalla "casa elettrica", alla "casa domotica".

Non più quindi una casa dotata solamente di un semplice impianto elettrico e di tutte le applicazioni ad esso associato, ma un sistema "informatizzato" di gestione dell'abitazione, le cui ricerche continuano ancora oggi.

Proprio la parola "domotica" deriva dall'unione delle parole *domus* e robotica, ed è la disciplina che si occupa di studiare e introdurre tutte quelle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita

domestica.

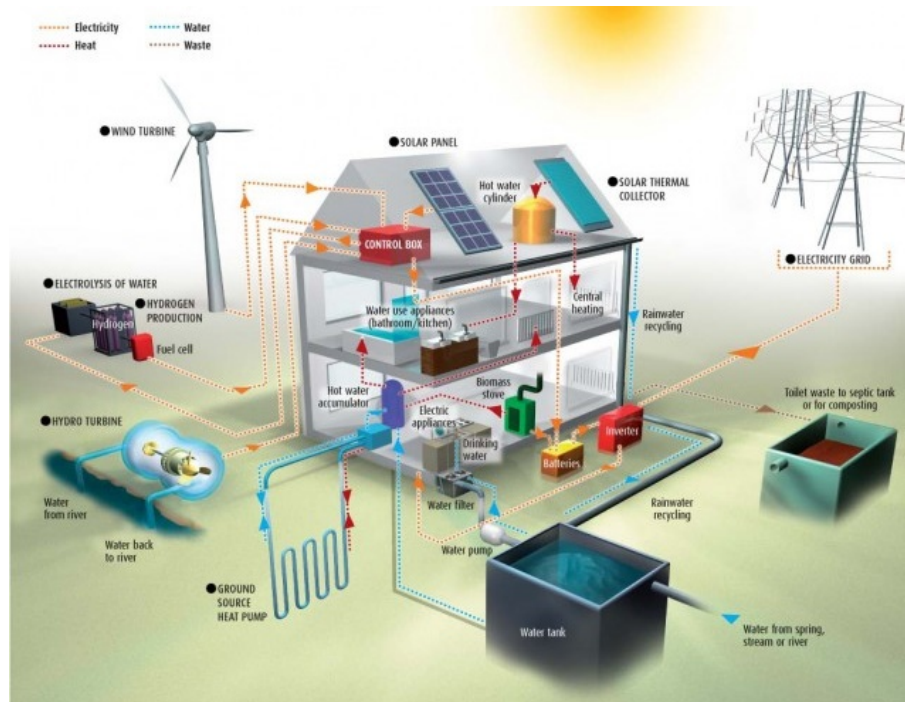
Se negli impianti tradizionali delle case elettriche ogni applicazione va azionata singolarmente e manualmente, nella casa domotica, ad esempio, le apparecchiature sono in grado di svolgere delle azioni parzialmente in autonomia (secondo parametri impostati dall'utente). In una casa cosiddetta "intelligente", avviene la gestione coordinata e computerizzata tra gli impianti di climatizzazione, acqua, luce, gas e sistemi di sicurezza, le reti informatiche e le reti di comunicazione, con lo scopo di rendere più confortevole il sistema di vita nell'habitat domestico, aumentare la sicurezza, e controllare i consumi.

Nella casa domotica gli impianti coordinano il funzionamento degli elettrodomestici, l'isolamento in caso di temporale, la disalimentazione dei dispositivi se non in uso o se non c'è nessuno in casa, l'accensione e lo spegnimento degli elettrodomestici, l'apertura e la chiusura delle tende in base alla presenza e quantità di luce solare ecc.

L'utente può anche gestire a distanza le applicazioni elettriche presenti nella sua casa domotica, attraverso lo smartphone, decidendo se, ad esempio, accendere l'impianto di climatizzazione per trovare una temperatura ideale al suo rientro in casa, oppure attivare la "modalità pioggia" per la chiusura di finestre o degli impianti di irrigazione, controllare la sua casa in tempo reale grazie all'installazione di telecamere.

La casa intelligente è in grado di fornire feedback sullo stato dei consumi e di conseguenza regolarli ed avere una gestione della casa anche in senso economico.

Tali impianti ovviamente devono essere progettati per durare nel tempo o comunque essere facilmente riparati in caso di guasti, nonché generare report per segnalare quale tipo di guasto sia intervenuto.



6.4 La casa come piccola centrale di produzione

Se la casa è stata da sempre considerata come il principale utente finale (anche perché di sicuro il più numericamente consistente e diffuso sul territorio) a cui il sistema elettrico arrivava dopo il suo “viaggio” dalla centrale di produzione, passando attraverso le linee elettriche di trasmissione e per le stazioni di trasformazione e di nuovo per la rete di distribuzione, oggi il sistema elettrico viene definito bidirezionale.

In questo modo la casa non si configura più come solo punto finale del percorso dell'elettricità, ma dalla casa riparte e viene re-immessa nella rete con la quale dialoga; assistiamo ai nostri giorni ad un nuovo cambio di paradigma per cui la casa si può considerare, a tutti gli effetti, come una piccola centrale di produzione.

Con questo nuovo modo di concepire e progettare la casa, si trasforma tutto il concetto di infrastruttura dell'energia elettrica, non più organizzata secondo una rete che dalla centrale distribuisce ad un grande numeri di utenti, ma una infrastruttura che ora deve raccogliere anche

i flussi aggiuntivi a quelli tradizionali, che sono quelli che dalla casa partono per tornare in centrale.

L'utente ha in questo scenario un ruolo attivo, diventa infatti anche un cliente, che con le proprie abitudini e i propri consumi agisce sul sistema elettrico. La nuova organizzazione del sistema elettrico si basa ovviamente sulla *smart grid*, ovvero una rete che si compone di tante piccole reti collegate tra loro e che scambiano flussi di energia, adattandosi alla richiesta e riducendo il carico quando necessario, una rete flessibile e che si comporta al pari della rete internet, diversa dalla tradizionale rete di “uno a molti”¹, una rete che può inoltre integrare l'energia prodotta dalle rinnovabili a quelle tradizionali.

Il nuovo oggetto elettrico delle nuove case-centrali, che costituisce il punto di incontro tra la rete e il cliente-utente, è il contatore elettronico.



Rolf Disch, *Heliotrope* di Vauban, Freiburg, 1994
Fonte: www.rolfdisch.de

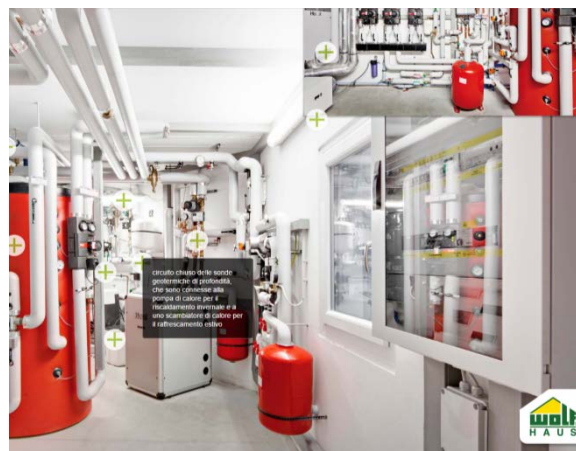
Oggetto presente nelle case diventa il simbolo del punto di arrivo dell'elettricità. Nel corso degli anni ha più volte subito modifiche in accordo con le innovazioni tecnologiche.

Il contatore di ultima generazione, il bidirezionale, consente di avere dati sul consumo e quindi la relativa fatturazione, e aiuta nel gestire nella maniera ottimale e quindi senza sprechi l'energia, comportandosi così come strumento di comunicazione, interattivo, e aprendo la strada alla *smart grid*.

Nel 2001 Enel affida la progettazione del design del nuovo contatore all'architetto Michele De Lucchi, che così lo presenta: «Volevamo che non fosse un apparecchio da nascondere dietro la porta o nel sottoscala e dovevamo dare un'idea di tecnologia amica e servizievole, che produce vantaggi e non coinvolge l'uomo in burocrazie dramatizzanti»².

Oggi lo stesso architetto è stato incaricato di progettare anche l'ultimo tipo di contatore elettronico introdotto da Enel, l'"Enel Open Meter", in grado di trasmettere i dati relativi alle

prestazioni energetiche dell'abitazione ad un dispositivo "smart" installato in casa oppure sullo smartphone o ai sistemi di domotica. Misurerà l'energia eventualmente prodotta in casa tramite



Il sistema di impianti della "casa-centrale" – Wolf Haus
Fonte: www.wolfhaus.it



Contatori Enel dagli anni '60 ad oggi
Fonte: dépliant Enel "VEDERE L'INVISIBILE. Le forme dell'energia"

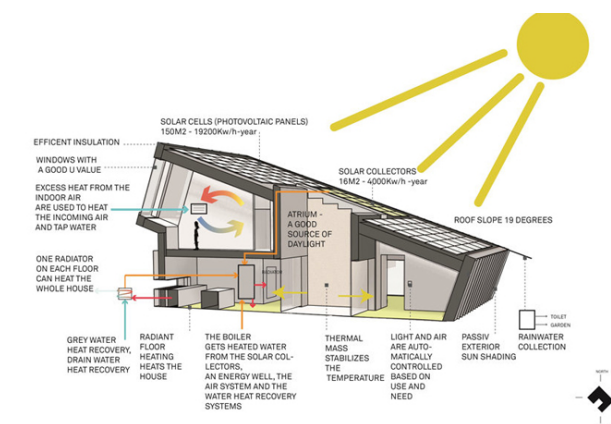
le fonti rinnovabili, ma le registrazioni in entrata e uscita saranno effettuate, diversamente dal primo modello, ogni 15 minuti.

La casa è progressivamente cambiata. Al pari di quanto succedeva agli inizi del secolo scorso quando vengono introdotti elementi di novità - elettrodomestici, spine, interruttori, ecc. - oggi vengono integrati sistemi impiantistici complessi. Si tratta di pannelli fotovoltaici o solari in copertura destinati alla produzione di energia e al riscaldamento degli ambienti e dell'acqua; impianti geotermici; di recupero dell'acqua; impianti che consentono di ricaricare il proprio veicolo elettrico; sistemi meccanici di oscuramento e ventilazione per una corretta gestione delle risorse naturali. In alcuni casi l'abitazione vive energeticamente tramite l'installazione di impianti mini-eolici e mini-idraulici.

Ad oggi si susseguono prototipi o realizzazioni di case - come ad esempio le cosiddette "Energy Plus House" o realizzate all'interno del programma "Solar Decathlon" - non solo

energeticamente autosufficienti, ma che producono molta più energia di quanta ne riescano a consumare, reimmettendo così il surplus di energia nella rete.

Si può facilmente immaginare un ipotetico futuro in cui questo tipo di esperienze diventerà di uso ordinario, creando un sistema diffuso, non gerarchizzato e flessibile, mostrando non solo uno dei possibili orientamenti dell'architettura ma anche del nuovo volto della rete elettrica.



247

Snøhetta, ZEB Pilot House, Larvik, Norway, 2014 – Foto dell'esterno e schema di funzionamento.
Fonte: www.snohetta.com

Il *Power Plant* domestico di Guus Van Leeuwen, 2008

Il designer olandese Guus Van Leeuwen nel 2008 ha presentato alcuni modelli di dispositivi per la generazione di energia elettrica da compost domestico, in occasione di una mostra per i laboratori finali di laurea della Design Academy di Eindhoven, parte del Dutch Design Week che si stava svolgendo contemporaneamente.

Produrre energia da rifiuti è una modalità abbastanza diffusa al giorno d'oggi, ma dal punto di vista logistico, secondo Van Leeuwen, questa può essere resa ancora più semplice. Basti pensare a quanto lavoro, tempo e manodopera si impiegano per smaltire rifiuti "a perdere", ovvero senza che essi siano utilizzati per produrre energia, se a questo poi si somma il costo del trasporto dell'energia dalla centrale di produzione alle case, si capisce quanto sia necessaria una svolta e una innovazione sia tecnologica che logistica.

Il suo modello per il "*Power Plant* domestico" è un prodotto concettuale, che serve però a

mostrare quanto possa essere vicina la produzione di energia, in questo caso dai rifiuti, all'ambiente domestico.

Il designer olandese ha realizzato tre modelli, corrispondenti a tre possibili applicazioni del suo impianto domestico di generazione: una vasca idromassaggio, una doccia esterna da giardino e una sedia di lettura dotata di luce. Ogni prodotto è composto da un bidone di 1 m² ed è dotato di un motore Stirling che muove una pompa di acqua o una dinamo, sfruttando il calore prodotto dai rifiuti domestici (che può arrivare fino a 70 °C). Non è difficile immaginare alla casa come piccola stazione di energia.

La speranza di Van Leeuwen è che in un futuro, almeno gli scarti prodotti dal giardino e dalla cucina siano impiegati per la produzione di energia per la propria stessa casa. I rifiuti potrebbero in un primo momento essere compostati, in modo da produrre una grande quantità di calore, successivamente tale compost potrebbe essere utilizzato per produrre metano



Guus Van Leeuwen, *Power Plant*, 2008 - modello della vasca idromassaggio



Guus Van Leeuwen, *Power Plant*, 2008 - modello della doccia da giardino

(ogni 10 chili di compost viene prodotto 1 litro di gas metano), mentre il residuo finale potrebbe ancora essere utilizzato come fertilizzante.

C'è molta strada ancora da fare, ma sicuramente gli originali modelli creati da Guus Van Leeuwen aprono a nuove possibilità sul tema della generazione di energia dalla propria casa-centrale.



Guus Van Leeuwen, *Power Plant*, 2008 – modello della seduta da lettura con luce integrata
Fonte: www.dezeen.com

Renzo Piano, *Diogene*, Weil am Rhein, Germany, 2011-2013

Diogene è il progetto di Renzo Piano per un modulo abitativo singolo, minimalista, che funziona in totale autonomia energetica, indipendentemente dal suo ambiente. Di superficie pari a 7,5 m² per un'altezza di 2,3 metri, la cabina trasportabile diventa quasi un "luogo di ritiro volontario" - non a caso il progetto prende il nome del filosofo greco, dai semplici modi di vita - , come descritto dal progettista stesso.

Il progetto risale agli studi dei primi anni del 2000 condotti in autonomia, cioè senza un committente, dall'architetto genovese, fino a quando, una volta pubblicato sulla rivista «Abitare» nel 2009, il gruppo "Vitra", nella persona del suo presidente Rolk Fehlbaum, decide di realizzare il prototipo della casa.

Tutti i materiali sono stati scelti per garantire il massimo isolamento: la casa è rivestita all'interno da pannelli di legno a strati incrociati in modo tale da evitare dispersioni di calore e mantenere una temperatura ottimale, mentre

all'esterno da pannelli di alluminio, che servono da un lato per riflettere il calore, dall'altra per dare un'immagine contemporanea all'abitazione.

Internamente la casa è divisa in due aree: gli ambienti per il giorno e la notte, mentre al di là di una partizione si trovano la cucina e i servizi.

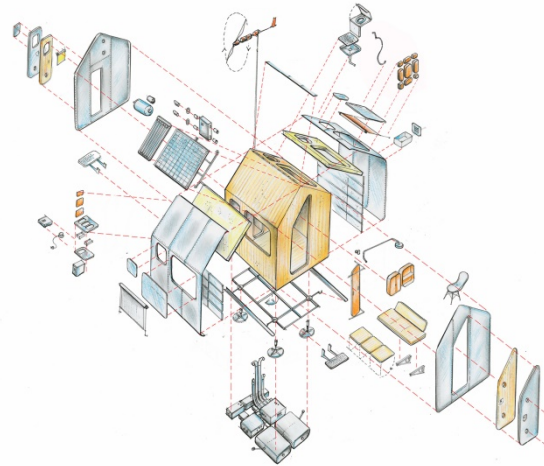
La luce filtra oltre che dalle finestre a triplo vetro, che servono anche a garantire una efficiente ventilazione naturale, anche da un lucernario che illumina la zona del divano-letto.

La particolarità della casa è che è stata pensata per funzionare in completa autonomia e alle diverse condizioni climatiche. L'energia è prodotta tramite pannelli solari, l'acqua piovana raccolta e filtrata per essere riutilizzata e, se necessario, riscaldata da una caldaia posta sul tetto.

Tale prototipo è la dimostrazione del completo cambio di paradigma che ha interessato la casa: giungiamo oggi a pensare, e realizzare, una casa che consiste di un modulo completamente autosufficiente che produce, consuma e si

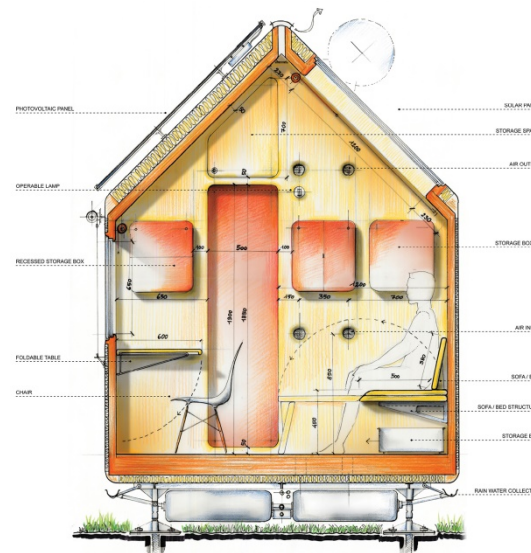
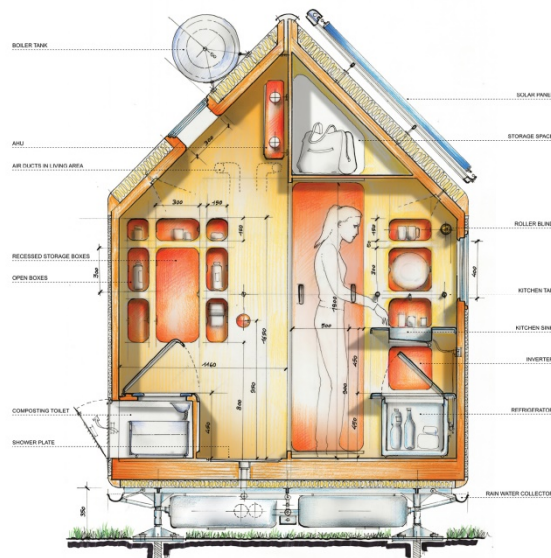


alimenta tramite le risorse naturali, ad emissioni zero, completamente sostenibile, in accordo con gli stessi principi di sostenibilità ed autonomia che interessano anche l'ambito della città e che sono diventati elementi cui il progetto di architettura, alle diverse scale, non può oramai più sottrarsi.



Renzo Piano, "Diogene", Weil am Rhein, Germany, 2011-2013 – esploso della casa
Fonte: www.rpbw.com

251



Renzo Piano, "Diogene", Weil am Rhein, Germany, 2011-2013 – sezioni della casa
Fonte: www.rpbw.com

Note:

¹ Gerlini M., *L'età dell'energia* , Vol. 7 – *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012, p. 34

² Michele De Lucchi in: Labbate S., *L'età dell'energia* , Vol. 8 – *La Città Elettrica*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2013, pag. 2

APPENDICE

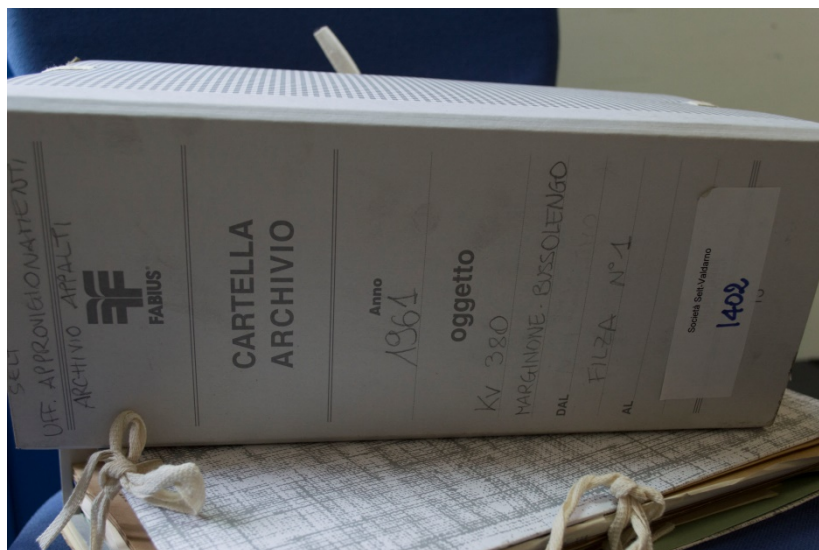
All'interno dell'appendice si possono trovare tutte quelle riflessioni e materiali che, per economia del discorso e scorrevolezza di lettura, non hanno trovato posto all'interno del corpo principale della tesi.

Il presente documento è articolato in tre sezioni:

1. Immagini e documenti provenienti dall'Archivio Storico Enel. In questa sezione saranno proposti tutti quei disegni o fotografie che si configurano come importante materiale documentale sia per l'alto valore testimoniale, sia per il livello di qualità grafica dei disegni. Tali documenti sono stati da me selezionati e gentilmente concessi durante il sopralluogo all'Archivio, e che sono stati di fondamentale importanza per la comprensione del tema e per la stesura della tesi.

2. Reportage fotografico del sopralluogo svolto a Larderello, al Museo della Geotermia, al pozzo dimostrativo, alla centrale di Valle Secolo e ai soffioni boraciferi di Sasso Pisano.

3. Breve descrizione delle centrali e dei metodi di produzione, che mi è servito all'inizio delle ricerche per cominciare ad analizzare le varie componenti dell'infrastruttura elettrica e il loro inserimento sul territorio e comprendere il funzionamento dell'infrastruttura elettrica.



1. Materiali provenienti dall'Archivio Storico Enel a Napoli



2. Reportage sopralluogo a Larderello

VISITA AL MUSEO DELLA GEOTERMIA



Riproduzione dell'esperimento di accensione di 5 lampadine grazie alla movimentazione tramite il vapore di un motore collegato ad una piccola dinamo, condotto dal Principe Piero Ginori Conti nel 1904



Strumenti di lavoro appositamente ideati e realizzati dalle maestranze per i lavori di estrazione del boro



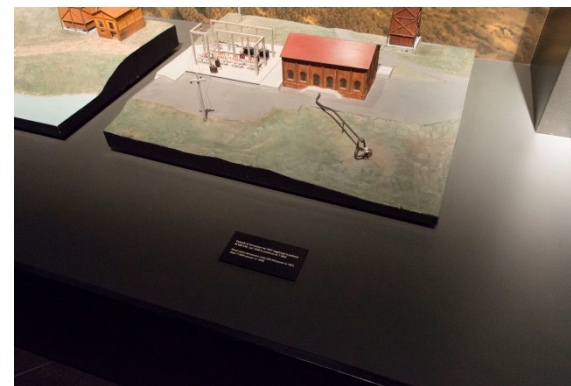
Vista della sala del museo che ospita i plastici degli impianti di estrazione del boro e dei vapori del sottosuolo



Plastico della centrale "Larderello 2"



Primo impianto di cristallizzazione del boro, alimentato a legname, 1818-1827



Plastico della centrale di Serrazzano

VISITA ALLA CENTRALE DI “VALLE SECOLO”





Foto dell'interno e dei macchinari



Inserimento degli impianti nel paesaggio





L'area dei soffioni boraciferi e vista della torre di raffreddamento della centrale



La chiesa di Giovanni Michelucci a Sasso Pisano

3. Centrali e metodi di produzione

Le centrali e i metodi di produzione

Nel presente contributo verrà descritto sinteticamente il funzionamento attuale delle diverse centrali elettriche e verrà inoltre mostrato il loro inserimento nei contesti antropici o naturali. *

**Dove non diversamente specificato, tutti gli schemi presenti in questo paragrafo, che illustrano il funzionamento delle varie centrali, sono presi dalle dispense del Professor Juan Martínez Tudela, docente del corso di "Centrales Eléctricas y Energías Renovables", che ho frequentato durante il periodo di ricerche per la tesi di Dottorato presso la Universidad Politécnica de Cartagena, Spagna.*

Centrali Termoelettriche

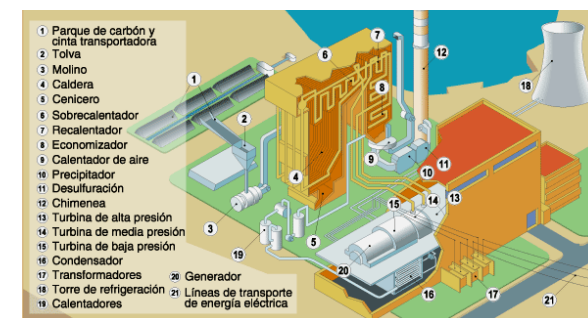
Le centrali termoelettriche sfruttano il calore derivato dalla combustione di un elemento quale petrolio, carbone, gas, per scaldare l'acqua ad alta pressione contenuta nella caldaia della centrale. Attraverso questa azione di riscaldamento il vapore acqueo viene convogliato nelle turbine le quali provvedono a trasformare il vapore in energia meccanica; infine, l'energia meccanica è convertita dagli alternatori in energia elettrica.

Termovalorizzatori

Un caso particolare di centrale termoelettrica è costituito dal termovalorizzatore. Il funzionamento assimilabile alla centrale termoelettrica. Questo tipo di impianto è in grado di utilizzare qualsiasi tipologia di rifiuto come combustibile.



Centrale termoelettrica Edipower S.p.A. a Turbigo (Milano, Lombardia)



Schema di funzionamento di una centrale termoelettrica convenzionale (in questo caso a carbone)

Centrali a biomasse

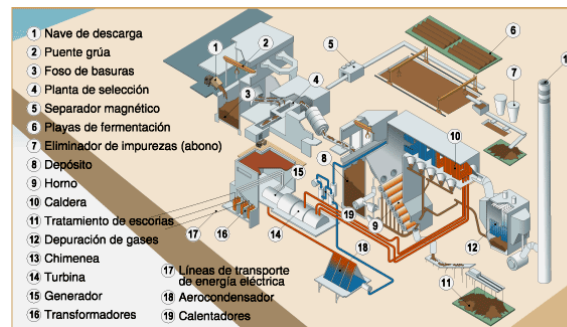
La centrale a biomasse rientra sempre in un tipo particolare di centrale termica. Anche se il funzionamento di questa centrale è molto simile a quello del termovalorizzatore, ciò che li differenzia è che la tipologia di combustibile utilizzato per la produzione di calore in questo caso è esclusivamente di origine vegetale.

Centrali Nucleari

Queste centrali hanno un funzionamento sostanzialmente analogo alle centrali termoelettriche, ma anche in questo caso a cambiare è il tipo di combustibile utilizzato. Nella centrale nucleare il calore viene sviluppato in seguito al processo di fissione nucleare.



Termovalorizzatore A2A di Acerra (Napoli, Campania)



Schema di funzionamento di un termovalorizzatore



Centrale a biomasse COMEF di Castiraga Vidardo (Lodi, Lombardia)



Schema di funzionamento di una centrale a biomassa

Centrali Idroelettriche

La fonte utilizzata per la vita delle centrali idroelettriche è l'acqua. Le centrali possono essere di due tipi a seconda che venga sfruttata la velocità delle correnti dell'acqua (fiumi) oppure la caduta di una grande quantità di essa sfruttando un dislivello.

Centrali Solari

La struttura di una centrale solare (più precisamente centrale solare termodinamica), si articola secondo una superficie sulla quale sono fissati centinaia di specchi che dirigono i raggi solari in un unico punto, la torre solare (o fuoco) nel quale si trova la caldaia.

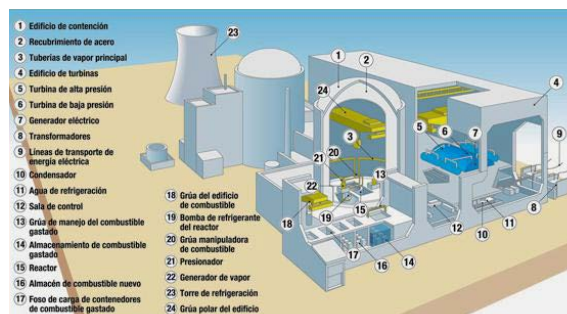
Quest'ultima, raggiunte temperature elevate, riesce a completare il ciclo del vapore che raggiunge la turbina. In alternativa, la centrale può essere composta da collettori parabolici che, riscaldati dai raggi solari, portano il fluido contenuto all'interno dei propri tubi ad alte temperature, concludendo così il ciclo come già descritto in precedenza.



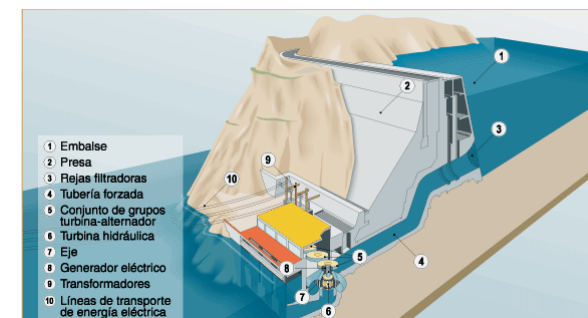
Centrale nucleare dismessa di Trino Vercellese (Vercelli, Piemonte)



Centrale idroelettrica ENEL a Castelnuovo Garfagnana (Lucca, Toscana)



Schema di funzionamento di una centrale nucleare



Schema di funzionamento di un sistema idroelettrico (diga e centrale)

Centrali Fotovoltaiche

A differenza delle centrali solari, le fotovoltaiche trasformano direttamente l'energia solare in elettrica, tramite il cosiddetto effetto fotovoltaico. Questo tipo di impianti sfrutta le caratteristiche di specifiche componenti meccaniche (ad esempio per l'inseguimento solare), elettriche (cavi) ed elettroniche (inverter) in grado di effettuare direttamente la conversione, e di specifiche capacità di conduzione dei materiali.

Centrali Eoliche

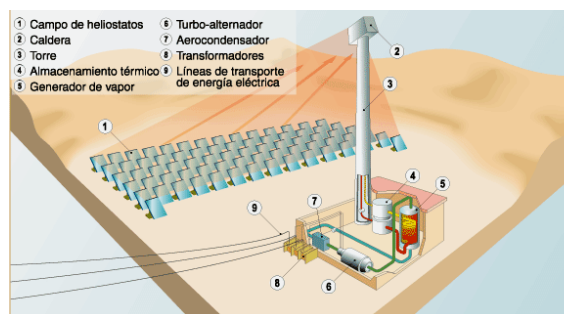
L'insieme degli elementi che costituiscono, la "centrale" eolica, sono le pale eoliche, o aerogeneratori. Gli aerogeneratori effettuano la conversione dell'energia meccanica del vento per mezzo dell'elica che, collegata ad un albero a sua volta collegato al generatore di corrente, produce energia elettrica continua o alternata. Gli aerogeneratori possono essere poi organizzati in "cluster" (parchi eolici) oppure essere isolati e possono essere collegati a singole utenze oppure a piccole reti oppure alle reti nazionali.



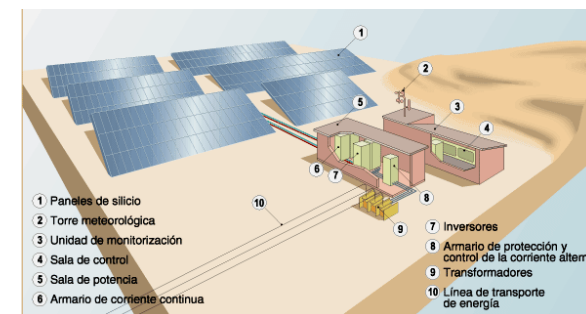
Centrale solare "PS10" a Sanlúcar la Mayor (Siviglia, Spagna)



Centrale fotovoltaica a Fiume Santo (Sassari, Sardegna)



Schema di funzionamento di una centrale solare



Schema di funzionamento di una centrale fotovoltaica

Centrali Geotermiche

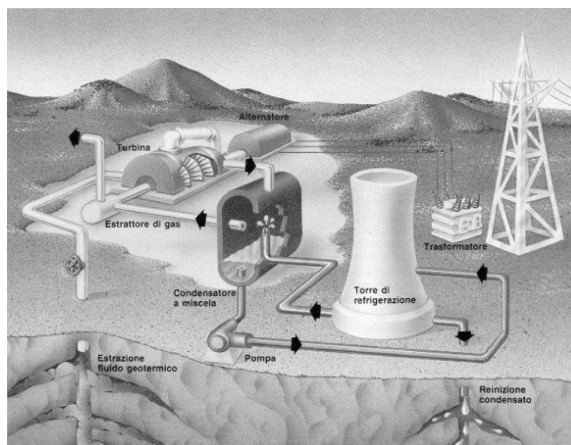
Di funzionamento analogo alle centrali termoelettriche tradizionali, queste sfruttano l'energia geotermica, naturalmente presente nel sottosuolo terrestre per scaldare le caldaie. Tale flusso di calore, che può raggiungere anche i 4000 gradi, è inesauribile e non intermittente. A differenza delle altre centrali termiche non esiste in questo caso combustione.



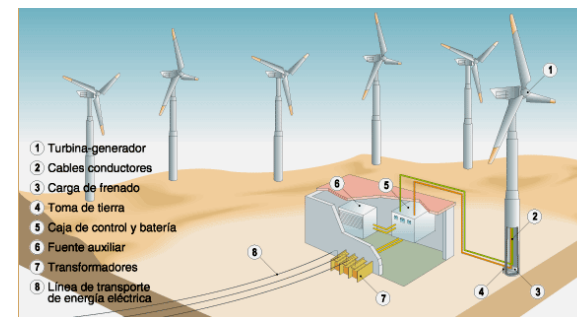
Centrale Geotermica "Carboli" ENEL a Monterotondo Marittimo (Grosseto, Toscana)



Centrale Eolica a Caltavuturo Velledolmo (Palermo, Sicilia)



Schema di funzionamento di una centrale geotermica.
Fonte: ecoblog.it



Schema di funzionamento di una centrale eolica

SELEZIONE BIBLIOGRAFICA

Abate A. et al.; Zanetti G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 5 – *Gli sviluppi dell'ENEL. 1963-1990*, Editori Laterza, Bari, 1994.

Angelucci F. (a cura di), *La costruzione del paesaggio energetico*, Franco Angeli, Milano, 2011.

Ascarelli G., *Architettura e rinnovo del territorio*, Edizioni Kappa, Roma, 1999.

Balzani R. et al.; Mori G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 1 – *Le origini. 1882-1914*, tomo primo, Editori Laterza, Bari, 1992.

Balzani R. et al.; Mori G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 1 – *Le origini. 1882-1914*, tomo secondo, Editori Laterza, Bari, 1992.

Barbieri P. (a cura di), *Infraspazi*, Meltemi, Roma, 2006.

Barnes Arizmendi L. J (a cura di), *Guía para la redacción de proyectos de urbanización*, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, 2007.

Barnes Arizmendi L. J., *Instalaciones Urbanas. Infraestructuras y planeamiento*, Libreria Editorial Bellisco, Madrid, 1991.

Barone G. et al.; De Rosa L. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 2 – *Il potenziamento tecnico e finanziario. 1914-1925*, Editori Laterza, Bari, 1993.

Barone G. et al.; Galasso G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 3 – *Espansione e oligopolio. 1926-1945*, tomo primo, Editori Laterza, Bari, 1993.

Barone G. et al.; Galasso G. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 3 – *Espansione e oligopolio. 1926-1945*, tomo secondo, Editori Laterza, Bari, 1993.

Basilico Pisaturo A., *L'età dell'energia*, Vol. 12 – *Tra Arte e Architettura*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015.

Battisti A. et al., *ENERGIE Bedrohung oder Chance für die europäische Stadtlandschaft? ENERGIA Occasione o Minaccia per Il Paesaggio Urbano europeo?*, Technische Universität München, München, 2015.

Bolchini P. et al.; Castronovo V. (a cura di), *Storia dell'industria elettrica in Italia*, Vol. 4 – *Dal dopoguerra alla nazionalizzazione. 1945-1962*, Editori Laterza, Bari, 1994.

Boscacci F., Gorla G. (a cura di), *Economie locali in ambiente competitivo*, Franco Angeli, Milano, 1991.

Calvesi M., *Il Futurismo. La fusione della vita nell'arte*, Fratelli Fabbri Editori, Milano, 1977.

Carnemolla A., Desideri P., Terranova A., Fiorentini F. (a cura di), *Paesaggi metropolitani: Architetture infrastrutturali*, Argos, Roma, 1995.

Castronovo V., *L'età dell'energia*, Vol. 4 – *Protagonisti dell'Energia*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2011.

Choay F.; Magnaghi A. (a cura di), *Del destino della città*, Alinea Editrice, Firenze, 2008.

Clementi A., di Venosa M., *Infracity. Strategie infrastrutturali*, LIStLab Laboratorio Internazionale Editoriale, Trento, 2007.

Clementi A., Pavia R., *Territori e spazi delle infrastrutture*, Transeuropa, Ancona, 1998.

Clementi A., (a cura di), *Infrastrutture e piani urbanistici*, Fratelli Palombi Editori, Roma, 1996.

Colombini V., Cutini A., *Lo sviluppo della città e le infrastrutture a rete*, DEI, Roma, 1990.

Commissione ANIDEL per lo studio dei problemi inerenti alle dighe (a cura di), *Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani* – Vol. II, 1951.

Commissione ANIDEL per lo studio dei problemi inerenti alle dighe (a cura di), *Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani* – Vol. III, 1952.

Covic I., *Energia e progetto di qualità*, in *Architettura e turismo*, Nuova serie di architettura Franco Angeli, Milano, 2012, pp. 283-287.

De Cesaris A., *Infrastrutture e paesaggio urbano 2*, EdilStampa, Roma, 2012.

De Cesaris A., *Il progetto del suolo-sottosuolo*, Gangemi, Roma, 2012.

De Cesaris A. (a cura di), *Architettura fondazione costruzione: suoli sottosuoli edifici paesaggi*, Artefatto Edizioni, Roma, 2002.

De Cesaris A., *Lo spessore del suolo parte di città. La costruzione del suolo condizione contemporanea dell'abitare la città*, Palombi Editori, Roma, 2002.

De Pascali P., *Città ed energia. La valenza energetica dell'organizzazione insediativa*, Franco Angeli, Milano, 2008.

Desideri P., Ilardi M. (a cura di), *Attraversamenti: i nuovi territori dello spazio pubblico*, Costa & Nolan, Genova, 1997.

ENEL, *Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani: dighe appartenenti all'ENEL di costruzione posteriore al 1953 – Vol. I*, Roma, 1974.

ENEL, *Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani: dighe appartenenti all'ENEL di costruzione posteriore al 1953 – Vol. IV*, Roma, 1980.

ENEL, *Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani: dighe appartenenti all'ENEL di costruzione posteriore al 1953 – Vol. V*, Roma, 1984.

ENEL, *Il futuro dell'energia: un percorso lungo la storia.*, Viviani Editore, Roma, 2008.

Facchintetti M., *Corridoi infrastrutturali e trasformazioni del territorio: la pianificazione delle infrastrutture negli Stati Uniti*, Alinea, Firenze, 2002.

Ferlenga A., Biraghi M., Albrecht B., *L'architettura del mondo. Infrastrutture, mobilità, nuovi paesaggi*, Editrice Compositori, Bologna, 2012.

Gabetti R. (a cura di), *La nuova architettura e i suoi ambienti. Testi e illustrazioni raccolti da Fillia*, Unione tipografico-editrice torinese, Torino, 1985.

Gerlini M., *L'età dell'energia*, Vol. 7 – *Energia in Rete*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012.

Ginori Conti G., *La perforazione a Larderello e il «soffionissimo»*, Tip. G. Cencetti, Firenze, 1931.

Isola A., Bazzanella L., *Esperienze. Forme insediative, ambiente e infrastrutture / Ricerche coordinate da Aimaro Isola e Liliana Bazzanella in 11 scuole di architettura*, Marsilio, Venezia, 2004.

ISTAT, *Le infrastrutture in Italia*, n.7/2006

Ivančić A., *Energyscapes*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2010

- Knowles R. I., *Energia e forma: un approccio ecologico allo sviluppo urbano*, Muzzio, Padova, 1981.
- Labbate S., *L'età dell'energia*, Vol. 6 – *Energia Oltre i Confini*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012.
- Labbate S., *L'età dell'energia*, Vol. 8 – *La Città Elettrica*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2013.
- Magistrelli M., *L'architettura negli impianti di produzione e di distribuzione di energia elettrica*, Tip. U. Quintily, Roma, 1962.
- Magnaghi A., Sala F. (a cura di), *Il territorio fabbrica di energia*, Wolters Kluwer, Milanofiori Assago, 2013.
- Marchigiani E., Prestamburgo S., *Energie rinnovabili e paesaggi. Strategie e progetti per la valorizzazione delle risorse territoriali*, Franco Angeli, Milano, 2010.
- Marinetti F.T., *Lo splendore geometrico e meccanico e la sensibilità numerica*, Milano, 18 marzo 1914.
- Melluso V. (a cura di), *Il disegno delle infrastrutture*, Samperi, Messina, 1992.
- Morbelli G., *Città e piani d'Europa. La formazione dell'urbanistica contemporanea*, Edizioni Dedalo, Bari, 1997.
- Mostafavi M. (a cura di) con Doherty G., *Ecological Urbanism*, Lars Muller Publishing, Baden, 2010.
- Paoloni G., *L'età dell'energia*, Vol. 1 - *Il Nucleare in Italia*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2009.
- Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 2 – *Storia dell'Energia Verde*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010.
- Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 3 – *Invenzioni & Brevetti*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2010.
- Paoloni G., Martelli M., *L'età dell'energia*, Vol. 5 – *Oggetti Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2012.
- Paoloni G., *L'età dell'energia*, Vol. 9 – *Una Storia Elettrica*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2014.

Paoloni G., Giuntini A. (a cura di), *La città elettrica: esperienze di elettrificazione urbana in Italia e in Europa fra Ottocento e Novecento*, GLF editori Laterza, Roma, 2004.

Pavia R., *Il passo della città: temi per la metropoli futura*, Donzelli Editore, Roma, 2015.

Pavia R. (a cura di), *Paesaggi elettrici. Territori, architetture, culture*, Marsilio Editori, Venezia, 1998.

Plunz R. et al., *Geothermal Larderello: Tuscany, Italy. Nuovi scenari per Larderello, centro della Geotermia*, Princeton Architectural Press, New York, 2005.

Polin G., *La Casa Elettrica di Figini e Pollini. 1930*, Officina, Roma 1982.

Ponti G., *Amate l'architettura*, Società Editrice Vitali e Ghianda, Genova, 1957.

Ponticelli L., Micheletti C. (a cura di), *Nuove infrastrutture per nuovi paesaggi*, Skira, Milano, 2003.

Pratesi C. A., *L'età dell'energia*, Vol. 10 – *Comunicare l'Energia*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2014.

Pucci P., *I nodi infrastrutturali: luoghi e non luoghi metropolitani*, Franco Angeli, Milano, 1996.

Reoli A., Ronconi M., *Impianti tecnologici nel sottosuolo urbano: problematiche e organizzazione delle infrastrutture a rete*, Il sole-24 ore, Milano, 1997.

Sant'Elia A., *Manifesto «L'architettura futurista»*, 1914.

Shannon K., Smets M., *The Landscape of Contemporary Infrastructure*, NAI Publishers, Rotterdam, 2010.

Silvestrini G., Gamberale M. (a cura di), *Eolico: paesaggio e ambiente. Sfide e opportunità del vento in Italia*, Franco Muzzio Editore, Roma, 2004.

Speroni D., *L'età dell'energia*, Vol. 11 – *Mestieri Elettrici*, Monografia dell'Archivio Storico ENEL, Roma, 2015.

Tondelli S., *Reti del territorio per la sostenibilità ambientale*, CLUEB, Bologna, 2003.

Ulisse A., *EnergyCity: an experimental process of new energy scenarios. Pescara - architecture and public space*, LIStLab Laboratorio Internazionale Editoriale, Trento, 2011.

Zanchini E. (a cura di), *Smisurati Giganti? La modernità dell'eolico nel paesaggio italiano*, Alinea Editrice, Firenze, 2010.

Zanchini E. (a cura di), *Paesaggi del vento*, Meltemi Editore, Roma, 2002.

AA.VV., *Adalberto Libera. Opera completa.*, Electa, Milano, 1989.

RIVISTE

Aschauer D. A., *Is Public Expenditure Productive?* in «JOURNAL OF MONETARY ECONOMICS», n° 23/1989.

Casati C. M., *Architettura e tecnica*, «l'ARCA», n° 278/2012.

Città globali, planning, disturbi architettura, infrastrutture, «LOTUS» n° 110/2001, pp. 10-126.

Cronache, «CASABELLA», n° 425/1977, p. 2-8.

Di Tanna D., *Sistemi urbani energetici nella Urban Green Line*, «l'ARCA», n° 278/2012 (marzo), pagg.14-15.

Esito di concorsi, «ARCHITETTI D'OGGI», n. 6-7/ 1961.

Hansen N. M., *The structure and determinants of local public investment expenditures in* «REVIEW OF ECONOMICS AND STATISTICS» n° 2/1965.

La Piazza del Forum, «L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI» n. 378/2004, p. 56-61.

Maldonado T., *Energia e ambiente costruito*, «CASABELLA», n° 425/1977, p. 9.

Nebbia G., *Luci e ombre dell'energia solare*, «CASABELLA», n° 425/1977, pp. 13-17.

Nicolin P., *Identità urbana e infrastrutture tecniche*, «LOTUS» n° 110/2001, p.4.

Nouvel J., *Giardini, mercati, piazze, infrastrutture per rafforzare la coesione e la continuità parigina*, «CASABELLA» n° 739/2005, pp. 93-95.

Purini F., *Questioni di infrastrutture*, «CASABELLA», n° 739/2005, pp.36-37.

Saggio A., *Urban green line. Una infrastruttura ecologica tra passato e futuro*, «l'ARCA», n° 278/2012 (marzo), pagg. 2-9.

Reti, «AR: Bimestrale di Architettura dell'Ordine degli Architetti PPC di Roma e Provincia», n° 113/2015.

Una "Casa Elettrica", 1930 in: «*Parole della Edison ai suoi utenti*», a.III, n° 8/1930.

Valassi V., *Puntare sulle infrastrutture per migliorare la qualità della vita urbana*, «L'INDUSTRIA DELLE COSTRUZIONI», n° 340/2000, pp. 4-5.

Zorzoli G., *Una politica energetica per lo sviluppo produttivo*, «CASABELLA», n° 425/1977, pp. 10-12.

SITOGRAFIA

Siti web Enti di Ricerca, Aziende,

Dipartimenti:

ArchiDiAP: www.archidiap.com.

Archivio Fotografico Enelikon: www.enelikon.it.

DATEC (Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni – Confederazione svizzera): www.uvek.admin.ch.

ENEA: www.enea.it.

ENEL: www.enel.it.

ISPRA: www.isprambiente.gov.it.

ISTAT: www.istat.it.

TERNA: www.terna.it.

Siti web architetti / studi di architettura:

Arons en Gelauff Architecten

www.aronsengelauff.nl

Atelier Pierre Thibault: www.pthibault.com/

Becker Architekten: www.becker-architekten.net

BIG | Bjarke Ingels Group: www.big.dk

Choi+Schine Architects: www.choishine.com

C.F. Møller: www.cfmoller.com

Czstudio: www.czstudio.com

Ecosistema Urbano: www.ecosistemaurbano.com

Erick van Egeraat : www.erickvanegeraat.com

Herzog & De Meuron:

www.herzogdemeuron.com

Matteo Thun: www.matteothun.com

Michele De Lucchi: www.amdl.it

Monovolume Architecture + Design:

www.monovolume.cc

NL Architects: www.nlarchitects.nl

Northern Office for Research & Design (NORD Architecture): www.nordarchitecture.com

UNStudio: www.unstudio.com

Rafael Viñoly www.vinoly.com

Renzo Piano: www.rpbw.com

Rolf Disch: www.rolfdisch.de

Schmidt Hammer Lassen Architects: www.shl.dk

Snøhetta: www.snohetta.com

Studio Piuarch: www.piuarch.it

Altri siti web consultati:

Progetto 22@Barcellona: www.22barcelona.com

Expo Milano 2015: www.expo2015.org

Masdar City: www.masdar.ae

Progetto Newind: www.newwind.fr

Wolf Haus: www.wolfhaus.it

Studio Tecnico Ing. F. Intreccio:

www.ingintreccio.it

Energielandschaft a Morbach:

www.energielandschaft.de

www.qualenergia.it/

www.williamarmstrong.info

www.dezeen.com

www.dailymail.co.uk

www.ilpost.it

www.mitsubishielectricsolar.com

www.arketipomagazine.it

www.storiadimilano.it

www.architizer.com

www.edisonstart.it

www.openstreetmap.org