

SESSIONE 3

Strategie e metodologie per la riduzione del rischio a disastri naturali, per la resilienza rispetto ai cambiamenti climatici, per favorire l'uso di risorse energetiche alternative e sostenibili, applicate al patrimonio storico

SESSION 3

Strategies and Methodologies Applied to Historical Heritage to Reduce the Risk from Natural Disasters, Resilience to Climate Change and to Encourage the Use of Alternative and Sustainable Energy Resources

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Climate Change and Circular Economy: Enabling Technologies and Life-Cycle Thinking for Sustainable Development

Consuelo Nava, Marina Mistretta
consuelo.nava@unirc.it, marina.mistretta@unirc.it

We propose an opening reflection on the authorial texts that contribute to session III: “from the mitigation of risks to the management of natural and material resources under changes and impacts”, with reference to the role played by the enabling technologies and the LCA method / process for sustainable development, on climate change scenarios and circular economy. The evaluation of the integrated effects of planning and planning choices aimed at reducing climate-changing emissions, which is a priority theme in Agenda 2030, requires an effective methodological approach in defining sustainability objectives and innovative strategies. The strategy of the 2030 Agenda, at all geographical levels, can be said to be widely spread in its mission, when along with the changing geomorphological, climatic and environmental scenarios, biodiversity can be the guarantee not only of plant and animal species, but also that referred to all levels of organization of the life of the territories and communities. To the world of knowledge, of the academy, the responsibility to rethink the paradigms of these new scenarios, of the need to transfer a new way of designing and intervening, in which the ethical and social data is equally important to the technical and scientific aspect.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR180



Cambiamenti climatici ed economia circolare: tecnologie abilitanti e *life-cycle thinking* per lo sviluppo sostenibile

Consuelo Nava, Marina Mistretta

I temi della Sessione 3: dalla mitigazione dei rischi alla gestione delle risorse naturali e materiche in regime di cambiamenti e impatti

I contributi forniti dagli autori per rispondere alla call *La Mediterranea per Agenda 2030 Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione*, hanno trovato importanti focus di approfondimento e esperienze applicate sui temi, riconducibili agli Obiettivi n.11 e n.13 della Strategia sullo Sviluppo Sostenibile promossa a livello globale dalle Nazioni Unite. L'Agenda 2030 trova le sue migliori e trasferite declinazioni a livello nazionale, regionale e locale, delimitando campi di indagine più riferibili agli assetti ambientali, sociali e economici dei contesti dove tali politiche e esperienze possono divenire traiettorie e esperienze, per lo sviluppo sostenibile dei territori e delle comunità che li abitano.

La sessione 3 della suddetta call ha richiesto un contributo interdisciplinare e attraverso una ricerca di frontiera su “strategie e metodologie per la riduzione del rischio di disastri naturali, per

Il paragrafo *I temi della Sessione 3...* è da attribuire ad entrambe le autrici. Il paragrafo *Adattamento e mitigazione per progetti...* è da attribuire a Consuelo Nava. Il paragrafo *Economia circolare e sviluppo sostenibile* è da attribuire a Marina Mistretta.

la resilienza rispetto ai cambiamenti climatici, per favorire l'uso di risorse energetiche alternative e sostenibili applicate al patrimonio storico", ha individuato i seguenti topics:

- la salvaguardia e tutela del paesaggio naturale e antropico marino e costiero;
- la mitigazione delle fragilità nelle aree interne e montane;
- la promozione della riduzione dell'uso del suolo attraverso la gestione e la riqualificazione del patrimonio edilizio storicizzato nelle aree urbane;
- l'adeguamento compatibile e sostenibile del patrimonio edilizio esistente storicizzato finalizzato a: garantire la sicurezza del patrimonio riducendone la vulnerabilità; tutelare la salute umana; contenere i consumi energetici favorendo il risparmio di risorse con l'uso di tecnologie abilitanti; limitare il rischio ambientale nel rispetto della stratificazione storica e culturale.

L'indagine affrontata alla scala della pianificazione e del contesto urbano, è stata indagata attraverso i contributi di approccio progettuale e valutativo di Francesca Moraci e Maurizio Arrigo, di Martino Milardi e Maria Teresa Mandaglio, di Ottavio Amaro. Il tema della fragilità e della qualità dei paesaggi, nella configurazione dei territori interni e delle tecnologie abilitanti gli interventi e il monitoraggio su sistemi ambientali più fragili, ha trovato il contributo di Domenico Enrico Massimo, del gruppo di lavoro Giuseppe Cardile, Marilene Pisano, Nicola Moraci, Daniele Cazzuffi e del contributo di Consuelo Nava e Giuseppe Mangano. I temi della resilienza strutturale e geotecnica affrontati a più scale, sono stati affrontati con i contributi di Stefania Bilardi, Paolo Salvatore Calabrò e Nicola Moraci, sul patrimonio esistente di Alebrto De Capua e Valentina Palco e di Alessandro Villari con Paola Danaro, di Vincenzo Barrile con Antonino Fotia e di Mariantonietta Ciurleo, Maria Clorinda Mandaglio, Nicola Moraci e Giovanni Leonardi, Dario Lo Bosco su sistemi complessi. Il tema del contenimento dei consumi energetici e dei processi e metodi di riduzione degli stessi, è stato affrontato attraverso le esperienze del gruppo di lavoro con Massimiliano Ferrara, Mariangela Gangemi, Luca Guerini, Bruno Antonio Pansera, del quadro documentato di Rosario Francesco Nicoletti e dalle esperienze di Mariangela Musolino e sui temi della riconversione energetica con il contributo del gruppo di lavoro Rosario Carbone, Concettina Marino, Antonino Francesco Nucara, Maria Francesca Panzera, Matilde Pietrafesa. La cultura materiale e l'avanzamento e l'innovazione nel settore delle tecnologie e dei materiali, con una discussione aperta a linee di ricerca esplorate alle differenti scale di intervento e su differenti sistemi, con riferimenti ad approcci teorici-conoscitivi, attraverso i contributi del gruppo di ricerca di Filippo Giammaria Praticò, Rosario Fedele con Paolo Giovanni Briante, Ginafranco Pellicano, Giuseppe Colicchio e sui temi del progetto della conoscenza di Francesco Pastura.

I contributi scientifici della Sessione 3 rappresentano una riflessione articolata e un percorso conoscitivo, che ha riportato i risultati di interessanti esperienze sperimentali, per costruire “una piattaforma aperta” di argomenti in grado di concorre agli Obiettivi dell’Agenda 2030, fornendo istruzioni e traiettorie esportabili alle differenti scale sul patrimonio costruito esistente di valore e di pregio, sia dal punto di vista del contesto costruito, che dei paesaggi abitati, ancora delle infrastrutture di servizio. Il tema del particolare regime di cambiamento climatico, in cui devono applicarsi interventi sostenibili sui territori fragili, rende ancora più attuale tutta la ricerca condotta attraverso i differenti contributi autoriali. Altri riferimenti di natura teorica e scientifica vengono forniti con i testi forniti dalle curatrici della sessione e di seguito illustrati, con l’obiettivo di affidare ad alcune considerazioni conclusive ma aperte sul percorso intrapreso.

Adattamento e mitigazione per progetti resilienti al tempo dell’ecologia senza natura

Due dati emergono anche dall’esperienza tracciata con il percorso argomentato della call, siamo in un tempo di applicazione di strategie, metodi e tecnologie riferibili ad “un’ecologia senza natura”¹, questioni ancora oscure che necessitano di intraprendere percorsi in cui il trasferimento delle conoscenze e delle esperienze, possa avvenire alla scala locale con i territori e le comunità in transizione, per partecipare ad una sfida davvero globale.

La COP24 di Katowice del 2018, in Polonia, vide i ministri delle nazioni riunirsi per discutere le politiche sui cambiamenti climatici, separando la consapevolezza che il rapporto scientifico IPCC, (proveniente dalla COP21 di Parigi sull’impegno a mantenere l’aumento delle temperature sotto 1,5°C) forniva dal punto di vista tecnico e scientifico, dalla necessità di attuare un aumento dell’ambizione delle strategie climatiche collettive, a fronte delle storie che venivano raccontate in quella stessa sede da giovani, accademia, popolazioni, ong. Il dialogo di Talanoa, così come chiamarono questo momento di confronto aperto, segnò un cambiamento di metodo nelle politiche alle sfide globali sullo sviluppo sostenibile e sugli impegni per il clima. È evidente che la dimensione collettiva, fisica e ambientale dei territori e dei paesaggi interessati da un patrimonio esistente di edifici, infrastrutture, sistemi naturali particolarmente sensibili e fragili, necessita di una visione unica e strategica alle differenti scale di intervento e attraverso competenze e conoscenze capaci di “discutere”, per raggiungere l’efficacia e l’efficienza dell’operatività necessaria. Questo è quanto avvenuto anche con i contributi autoriali sui temi della nostra call.

1. MORTON 2016.

In ambito conoscitivo e interpretativo degli strumenti utilizzati in passato necessario un “nuovo livello zero per un nuovo design”², che investa tanto l’organizzazione dei processi di intervento quanto le modalità con cui progetto e tecnologie abilitanti vengono operate, in una dimensione del tempo e dello spazio e dei sui termini esplorativi e sperimentali, verso “il nuovo paradigma dell’ipersostenibilità”³.

Lo strumento dei “piani di adattamento climatico”, ormai in uso in molte città europee e in aree suburbane, assicura in tal senso una strategia di visione, metodo e azioni per aumentare il livello di resilienza dei territori, abbassando i rischi da impatti e eventi calamitosi, connessi agli effetti da cambiamento climatico, aumentando la qualità della vita delle comunità.

I concetti di adeguamento e mitigazione, dispositivi di processo e di intervento locale, per attivare la resilienza e ricostituire i paesaggi urbani e quelli più naturali, forniscono una nuova dimensione interpretativa del paesaggio come restituzione delle differenti dimensioni del territorio. Vi è la necessità di praticare un’oggettività misurabile dei paesaggi, istruirne nuove regole e strategie politiche e curare la sfera relazionale e sensibile delle percezioni che discendono dai desideri e dai bisogni di qualità della vita delle popolazioni che li abitano. Quello che M.Jacobs riferiva a proposito della distinzione tra “*materscape, powerscape e mindscape*”⁴.

Il paesaggio come risorsa e la risorsa paesaggio istruisce le tecnologie abilitanti a operare per ottenere nuovi segni e significati del territorio, della sua sicurezza sociale e ambientale (fig. 1), per cui il rapporto auspicato è sempre quello della stabilità ecologica, dell’incremento delle economie sostenibili ma anche della ricerca di un’identità locale che pur rinnovandosi, si riconosce in un patrimonio esistente di valore nel tempo. La strategia dell’Agenda 2030, a tutti i livelli geografici, assume questo indirizzo nei suoi *Goals* e temi/obiettivo e potrà dirsi ampiamente diffusa nella sua mission, quando insieme ai mutevoli scenari geomorfologici, climatici e ambientali, la biodiversità potrà essere la garanzia non solo delle specie vegetali e animali, ma anche quella riferita a tutti i livelli di organizzazione della vita dei territori e delle comunità. Al mondo della conoscenza, dell’accademia, la responsabilità di ripensare i paradigmi di questi nuovi scenari, della necessità di trasferire un nuovo modo di progettare e intervenire, in cui il dato etico e sociale, ritrova nelle sperimentazioni e nella applicazioni, anche le più alte a livello tecnico e metodologico, la risposta (seppure intermedia) ad uno dei più grandi cambiamenti socio-produttivi, connessi alle modificazioni ambientali, quello dei

2. MANIGRASSO 2019.

3. NAVA 2019.

4. JACOBS 2006.



Figura 1. Guadagnare suolo, una copertura giardino e play ground su un centro commerciale a Bari (foto C. Nava, 2019).

cambiamenti climatici nell'era della IV rivoluzione industriale. Che i territori interni, le città e i paesaggi di cui parliamo tornino ad essere un discorso di interesse collettivo e plurale, la migliore ambizione tecnologica delle comunità in transizione che già abitano, consapevolmente o inconsapevolmente, questo cambiamento.

Economia circolare e sviluppo sostenibile

La lotta al cambiamento climatico e la promozione dello sviluppo sostenibile rappresentano obiettivi prioritari delle politiche strategiche ambientali ed energetiche su scala mondiale.

Produzione e consumo contribuiscono in maniera significativa al riscaldamento globale, all'inquinamento, al consumo di materiali e all'esaurimento delle risorse naturali. Diventa, pertanto, necessario raggiungere un cambio di paradigma nella crescita economica, mirato alla riduzione del consumo di risorse naturali e degli impatti ambientali. Su tale cambio di paradigma si fonda il modello di economia circolare, in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto all'interno del sistema economico il più a lungo possibile. La produzione di rifiuti e gli input di materiali sono ridotti al minimo, attraverso una progettazione ecologica, il riciclo e il riutilizzo dei prodotti, inducendo benefici economici e ambientali, quali la diminuzione d'estrazione e importazione di materie prime vergini, uso più efficiente e il riciclaggio delle risorse, basso consumo di energia e conseguente riduzione delle emissioni nell'ambiente.

La transizione verso un'economia circolare richiede un cambiamento culturale e strutturale, che riguardi tutte le parti interessate nella catena del valore, e implica la capacità di innovare non solo cicli produttivi e modelli di consumo, ma anche approcci culturali e stili di vita. Ciò implica la capacità di innovare non solo cicli produttivi e consumi ma anche approcci culturali e stili di vita, tramite l'*ecodesign*⁵ dei prodotti, che considera l'intero ciclo di vita del prodotto già in fase di progettazione. Sistemi produttivi di beni e servizi, basati su sprechi di risorse ed elevati impatti ambientali, sono tra le cause della perdita di capitale naturale e vanno radicalmente modificati e orientati verso lo sviluppo sostenibile. L'*ecodesign* può essere definito come la progettazione di un nuovo prodotto, processo, sistema gestionale, servizio o procedura, attraverso cui si consegue, lungo tutto il ciclo di vita, una riduzione dei consumi di materie prime, di energia, delle emissioni ambientali, accrescendo

5. DIRETTIVA 2009/125/CE

la capacità di creare valore e soddisfare i bisogni dei consumatori nel rispetto degli standard sociali e ambientali.

La gestione efficiente delle risorse e i modelli di produzione e consumo sostenibili rappresentano le strategie prioritarie nella transizione verso un'economia circolare, attraverso la minimizzazione degli impatti ambientali dei prodotti e dei servizi connessi al consumo di risorse naturali (acqua, energia, materiali e suolo), e alle emissioni in ambiente, con riferimento all'intero ciclo di vita dei prodotti, dall'estrazione delle risorse al processo di produzione, distribuzione, uso e fine vita.

La valutazione degli effetti integrati delle scelte di programmazione e pianificazione orientate alla riduzione delle emissioni climalteranti, che costituisce un tema prioritario nell'Agenda 2030, necessita di un approccio metodologico efficace nella definizione di obiettivi di sostenibilità e strategie innovative nella sfida ai cambiamenti climatici e nel supporto ai processi decisionali delle policy pubbliche e aziendali. In tale contesto, l'approccio del *Life Cycle Thinking* (LCT), diventato uno dei pilastri principali delle politiche strategiche dell'UE orientate alla decarbonizzazione dell'economia, rappresenta uno strumento di supporto per la valutazione ed il miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotti, processi e sistemi in termini di uso efficiente delle risorse, e per la definizione di strategie per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile nelle sue varie dimensioni ambientali, economiche e sociali. Su tale approccio è basata la metodologia *Life Cycle Assessment* (LCA), che, in accordo alle norme ISO 14040⁶, consente di valutare gli impatti globali delle filiere produttive e i benefici energetico-ambientali connessi allo sviluppo ed all'ottimizzazione di materiali e componenti innovativi, rappresentando così un valido strumento di supporto ai processi decisionali della *public policy* nella definizione di obiettivi e strategie di produzione e consumo sostenibili⁷.

Nella roadmap di Agenda 2030 è fondamentale creare una base di conoscenza globale sulla sostenibilità dei prodotti e consentire sia alle istituzioni che ai produttori e ai consumatori di effettuare scelte informate sui modelli di produzione e consumo, sulle politiche e strategie di gestione.

Gli ostacoli all'implementazione dei 17 SDG nelle realtà imprenditoriali sono essenzialmente dovuti al fatto che i target sono stati sviluppati con particolare attenzione per i governi e le ong e molti indicatori non sono di facile interpretazione e applicazione per le aziende, con il conseguente rischio che non siano di reale supporto alle decisioni. Manca ad oggi una relazione tra scelte a livello strategico dei diversi obiettivi e come questi si traducono in azioni concrete. È pertanto necessario collegare gli indicatori alle dinamiche aziendali, soprattutto con riferimento ai processi produttivi

6. ISO 14040 2006.

7. CELLURA ET ALII 2017.

e all'innovazione tecnologica. Gli indicatori devono poter essere misurabili, rilevanti, confrontabili, applicabili lungo l'intera filiera dei prodotti e dovrebbe essere chiara la relazione tra gli SDG e i relativi *Target*.

La metodologia LCA utilizza generalmente indicatori quantitativi e specifici. L'approccio tradizionale alla quantificazione degli impatti mira alla definizione di "*trade-offs*" necessari ai decisori nel caso di problematiche multi-obiettivo o multi-criteriali.

L'utilizzo e l'integrazione dei suddetti indicatori con gli SDG consentirà lo sviluppo di approcci più strutturati e permetterà una comprensione più profonda dei diversi indicatori disponibili e delle loro interconnessioni.

Database "*process-based*", sebbene caratterizzati da più dettagliati e completi approcci input-output, possono essere la base su cui implementare approcci che includano gli SDG. Diventa allora evidente la necessità di avviare un processo di consultazione di *stakeholder* che, oltre a comprendere *decision maker* a rappresentanza di governi, aziende e consumatori, coinvolgano anche a esperti nell'ambito della LCA e degli SDG.

Bibliografia

- CELLURA ET ALII 2017 - M. CELLURA ET ALII, *Modeling the energy and environmental life cycle of buildings: A co-simulation approach*. Renewable & Sustainable Energy Reviews, vol. 80, pp. 733 -742, (2017), doi: 10.1016/j.rser.2017.05.273.
- DIRETTIVA 2009/125/CE - DIRETTIVA 2009/125/CE del parlamento europeo e del consiglio, *Istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia*, 21 ottobre 2009, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN> (ultimo accesso 10 novembre 2019).
- ISO 14040, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, 2006, <https://www.iso.org/standard/37456.html> (ultimo accesso 21 marzo 2019).
- JACOBS 2006 - M. JACOBS, *The Production of minsapes: A comprehensive Theory of landscape Experience*, PhD Thesis, Wageningen University Press, Wageningen 2016.
- MANIGRASSO 2019 - M. MANIGRASSO, *La città adattiva. Il grado zero dell'urban design*, Quodlibet Studio, Macerata 2019.
- MORTON 2016 - T. MORTON, *Dark Ecology. For a logic a future cohesistence*, Columbia University Press, New York 2016.
- NAVA 2019 - C. NAVA, *l'ipersostenibilità e Tecnologie abilitanti. Teoria, metodo, progetto*, Aracne, Roma 2019.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA



Geography in Motion: the Waterfront and the Interactive Edges Project

Ottavio Amaro
ottavio.amaro@unirc.it

The essay proposes to treat the condition of entropy which is by now recorded along the edges of seaside cities as well as along the coastal settlement systems. In the contemporary debate, after the many catastrophic events characterizing the limit between land and sea, it is going on the reconsideration about the cultural as architectural strategy, adopted from the European cities since the end of '800, focused on the practice of building defensive barriers to establish a limit, a clear separation between land and water – the waterfront – by rigid solutions which often increased the vulnerability of the places themselves. In Italy, the coastline state and the hydrographic system are often results of inappropriate management of territory and environment. In the last decades, this attitude compromised natural processes between land and water going to get worse the effects or moreover provoking natural calamities.

In this sense, it is primary to investigate the natural languages within the urban and architectonic project to establish new artificial and natural dialectic in order to facilitate resilient processes intended as capacity of adaptation and flexibility, specially about erosive phenomena, to last, adapt and maintain themselves.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR181



Geografie in movimento: il *waterfront* e il progetto dei bordi interattivi

Ottavio Amaro

«...si riconosce ad esso una valenza semiotica che ci rimanda però al territorio, alla sua concretezza, alla sua funzionalità rispetto agli usi che ne fa la società che in esso vive. Così il paesaggio ci segnala, con la funzionalità del territorio, la cultura e i modi di concepire il rapporto con la natura e le sue forme da parte di quella stessa società»¹.

Da anni ormai il progetto del *waterfront* come elemento strategico di rilancio di politiche di rigenerazione urbana caratterizza il dibattito contemporaneo. Si parla di *water regeneration*, per indicare azioni capaci di modificare le relazioni figurative oltre che sociali ed economiche di numerose città di mare. In questo senso non mancano esiti significativi come Barcellona, Marsiglia, Bilbao, Reggio Calabria.

Il *waterfront* riconquista la centralità dello spazio pubblico come luogo capace di saldare le trame urbane con la linea di costa, insieme al rilancio di attività culturali, economiche e turistiche.

Tuttavia in questa linea che, in qualche modo, trova continuità a partire dal disegno della città ottocentesca, si ripropongono questioni sul rapporto terra-acqua nei territori antropizzati che costituiscono per il progetto architettonico contemporaneo nuove sfide e/o sicuramente nuovi scenari da affrontare.

1. TURRI 2010, p. 82.

Vi è storicamente una costante che si ripropone nell'attività di trasformazione della linea di costa: dai sistemi di "conquista" delle vie del mare, attraverso le infrastrutture portuali, agli insediamenti operati dalla rivoluzione industriale, il bordo è stato pensato come elemento funzionale "unilaterale", cioè come occupazione e barriera.

Lo stesso punto di vista che ha caratterizzato l'iconografia della città storica guardava dal mare verso la città, rappresentata dai suoi sistemi di difesa attraverso muri e fortezze.

Quindi diremmo che il rapporto si è sempre evidenziato come cesura.

Il ripensamento della città operato dalla cultura urbanistica e architettonica dell'800, con la straordinaria invenzione della "passeggiata a mare" perpetua l'idea del *waterfront* come cesura, interruzione e segno netto di separazione tra natura e artificio. Questo superando lo stesso concetto di "teatralità" e rapporto scenografico con il paesaggio che già molte città di mare, soprattutto del Mediterraneo, avevano conquistato, vedi per esempio la Palazzata di Messina o di Reggio Calabria.

Il lungomare era pensato come immagine cartolina, espansione e dilatazione della città che conquistava una nuova linea di demarcazione e di confine con la natura, attraverso la linea-muro.

La grande espansione della città contemporanea accentua il carattere del costruito lungo i bordi, creando un vero e proprio continuum edilizio dove spesso scompaiono i tratti identitari della linea di costa.

Ciò rompe gli equilibri e la convivenza millenaria e simbiotica nello scambio virtuoso tra terra e acqua, bloccando il ripascimento e la dinamica naturale degli arenili.

Siamo ormai e spesso nei processi di atrofizzazione, dove l'uso del suolo della città dilaga indifferentemente, ponendo per la città contemporanea, quindi per il progetto urbano e architettonico, nuovi interrogativi nel rapporto natura/cultura.

La pervasività dell'attività umana, infatti, sottopone a radicali cambiamenti i sistemi ecologici e ambientali, insieme ai caratteri dei luoghi e dei paesaggi.

Gli stessi cambiamenti climatici, per quanto oggetto di confronto nella dialettica scientifica, imprimono nuovi possibili scenari che cambiano l'impostazione teorica progettuale fin qui perseguita.

Si ripropone cioè il tema perenne della difesa e della sicurezza dei territori, quindi del rischio e della catastrofe che si caratterizza ormai come conflitto sul confine, sul bordo terra-acqua.

L'acqua dunque da elemento estetico e semantico, produttivo e paesaggistico diventa anche elemento aggressivo e pericoloso.

Cultura e natura

Nel confronto sul progetto disciplinare e non, per la città e il paesaggio si apre oggi uno spazio enorme dentro la relazione più generale tra scienza e natura, tecnologia e controllo dei sistemi naturali, territori originari e territori artificiali.

Come già sosteneva Vittorio Gregotti in pochi anni «si costruiscono i “polder” olandesi o si colonizza il deserto: un bacino idroelettrico trasforma in pochi anni la configurazione di un’intera valle; si può tagliare un istmo in pochi mesi; [...] è anche possibile pensare che tutto ciò potrà sfuggire al nostro controllo»².

L’idea di controllo sicuramente può essere legata a quella di scala, radicalmente cambiata nella realtà contemporanea, se si pensa alle grandi distese urbane difficilmente definibili con i tradizionali termini della storia, laddove natura e città non sono più riconoscibili se non dentro una logica di confusione e fraintendimento.

In questo senso il rapporto con l’acqua come sistema flessibile e la terra come sistema rigido va riportato a possibili scenari più ibridi e più relazionali.

La stessa cultura difensiva ha per lungo tempo perseguito una logica progettuale rigida, di forte artificializzazione, di separazione e sovrapposizione traumatica sui sistemi ambientali ed ecologici consolidati.

Il confronto segue quindi un “alveo” preciso, dove la riduzione della natura a cultura alle diverse scale, da quella geografica a quella urbana, diviene una condizione di confronto innovativo, interdisciplinare, di riconoscimento di linguaggi che nel progetto raccontano una nuova contemporaneità.

In questo senso la questione non si può limitare ad una radicalizzazione delle posizioni tra una visione ecologista pura, di ritorno “illusorio” e “rassicurante”, per quanto impossibile, ad uno stato di natura, e l’uso delle conquiste tecnologiche per continuare in una azione di modificazione dei luoghi che, alla luce delle grandi e piccole catastrofi territoriali, si confronta con la rottura ormai evidente tra la natura e la presenza antropica, nonché con la limitatezza delle risorse e quindi con il grado di entropia a cui è giunto il pianeta.

In entrambi i casi si perde di vista il valore del progetto come misura, controllo e comprensione dei luoghi, nel loro risultato di tracce e sovrapposizioni materiali ed immateriali, in una logica di ritrovata empatia tra sistemi insediativi e condizioni naturali, tra produttività e uso razionale delle risorse.

2. GREGOTTI 1991, p. 3

«I paesaggi più autentici e che meglio esprimono la singolarità dei rapporti uomo-società, società-territorio, società-ambiente naturale sono quelli in cui la compenetrazione tra le due forme di semiosi è più profonda [...] Ossia quando – dato che a noi come a tutti gli uomini interessa la “leggibilità del mondo”, condizione indispensabile per la sua annessione alla cultura - il paesaggio *in-group* è tale e quale il paesaggio *out-group*. Quando, detto più semplicemente, il paesaggio è limpido riflesso di com’è la società, dei suoi ideali, dei suoi disegni produttivi, delle proprie strategie nei confronti della natura»³.

Nuovi orizzonti progettuali: i waterfront

In questo contesto costituisce un ruolo rilevante la questione dei *waterfront*, sia nell’ormai frequente azione di ricostruzione di bordi sottoposti ad azioni catastrofiche che in quelli da riconvertire e ripensare nel rapporto con la città, come le aree industriali dismesse o i sistemi storici infrastrutturali e portuali.

In primo piano troviamo la questione della sicurezza rapportata alla capacità di rivedere la cultura tecnica e scientifica che è stata applicata sin dall’avvento della “modernità”, a partire dal rinnovamento e ridisegno della città borghese europea nella sua capacità di reinventare e riconquistare il suolo di confine con il mare. Rapporto storicamente di grande efficacia urbana e paesaggistica, ma ormai insufficiente a fronteggiare quantitativamente e qualitativamente la relazione con la natura.

Alla luce degli eventi catastrofici, infatti, che si ripetono sul piano planetario e causati dall’energia dell’acqua, si pongono nuovi approcci sulla linea sensibile terra-acqua nel rapporto con il territorio e il paesaggio, sia sul piano della prevenzione, che su quello della ricostruzione.

Si è ormai sperimentato, infatti, che l’atto “traumatico”, quindi rigido, in alcuni luoghi ha evidenziato l’inefficacia degli strumenti d’intervento e di prevenzione tradizionali. L’azione di ricominciamento non può allora agire che nell’ambito di un nuovo rapporto tra catastrofe-progetto-paesaggio.

Questo, sicuramente, a partire da un’idea di progetto capace di operare un’azione catalizzatrice rispetto a saperi scientifici interdisciplinari – architettonici, ingegneristici, geologici, agrari – superando una pratica puramente “tecnicistica”, per rimettere al centro la qualità, quindi la valorizzazione del patrimonio naturale ed antropico, insieme alle questioni della sicurezza.

Ciò significa in primo luogo riscattare il ruolo della natura su tutto un sistema sovrastrutturale teso a creare limiti netti con il sistema artificiale, non considerandola come fondale neutrale privo di una sua articolazione grammaticale.

3. TURRI 2010, p. 116.

«è la nostra epoca, dotata come mai in passato di grandi potenzialità tecniche, che ha eletto la natura a bellezza. Tale bellezza [...] è in gran parte debitrice di equilibri morfologici, vicende geologiche e processi vegetazionali, ossia di quei fattori naturali sempre più minacciati che richiedono una comprensione e traduzione nel linguaggio progettuale»⁴.

In questo senso per il progetto si tratta di mettere in campo nuove modalità che, senza rinunciare alla forma e all'azione prefigurativa, superino la pratica di edificare barriere difensive atte a stabilire limiti e separazione netta tra la terraferma e l'acqua.

Si possono costruire margini flessibili dalla forte capacità di resilienza, intesa come capacità di risposta a possibili eventi catastrofici in modo diverso, senza limiti rigidi e di rottura con il paesaggio, ma introducendo dispositivi interattivi.

Occorre parlare di resilienza come capacità di adattamento, flessibilità, soprattutto nei fenomeni erosivi, per durare, adattarsi, mantenere, dando nuove opportunità figurative alle comunità insediate che vuol dire valorizzazione delle qualità e delle identità dei paesaggi.

«Insomma la resilienza non è solo una forma di resistenza di fronte alla minaccia di rotture drammatiche, [...] ma un'arte di vincere – gli eventi catastrofici – in un modo diverso che l'Occidente, abituato a costruire limiti invalicabili per contrastare le sue minacce sta scoprendo, ad esempio, cercando, di introdurre dei bordi interattivi proprio sui confini maggiormente segnati da un disastro»⁵.

Nel campo della difesa dall'azione violenta dell'acqua il concetto di resilienza non deve indurre, dunque, ad un'idea di ritorno alla situazione *quo ante*, puramente conservativa, ma tuttavia alla capacità di adattamento e di resistenza rispetto ad eventi calamitosi.

Lo spazio per il progetto sta in questo intervallo non mimetico o rinunciatario, ma fortemente proiettato a nuove configurazioni e approcci olistici capaci di continuare il rapporto natura-artificio.

Quindi una nuova possibile definizione di architettura urbana capace di essere bifronte tra la città e la natura, in un sistema di relazioni che non pongono il progetto come condizione data dentro un sistema spaziale e morfologicamente consolidato, ma come possibile campo di connessioni e riferimenti fondativi nuovi e non dogmatici rispetto ai tradizionali codici geometrici e compositivi.

Non mancano in questo senso esperienze internazionali di vera e propria *water renaissance*, soprattutto nelle aree più sensibili del pianeta, come i territori olandesi che insistono sul confine sottile tra terra e acqua e che hanno intrapreso azioni di difesa "dinamica", realizzando sistemi dunali, cordoni naturali, geograficamente ed ecologicamente in continuità con il paesaggio circostante. Sono

4. PEDRETTI 1991, p. 69.

5. NICOLIN 2014, p. 53.

i territori “*post-polder*”, dove l’inondazione viene calcolata come previsione, quindi come “sistema controllato”.

È il caso degli interventi pensati dal gruppo Delva Landscape Architects and Dingeman Deijs Architect a Vissingen con la “diga rinforzata” che integra residenze e servizi; a Kinderdijk con la “diga energetica” che sfrutta le correnti del fiume; a Wall con la “diga di sedimentazione” che progetta il “processo temporale” della formazione della duna naturale.

Così nelle aree sottoposte allo tsunami o agli uragani atlantici, come la città di New Orleans, dove la ricostruzione riconfigura il rapporto con la presenza dell’acqua nel tessuto urbano attraverso la previsione di parchi lineari, di bacini di detenzione, di aree umide e di canali di sfogo. Lo studio Hargeaves Associates propone il restauro della rete dei canali perpendicolari al mare che, oltre a garantire il deflusso naturale dell’acqua, anche in presenza di eventi eccezionali, realizza spazi verdi e aree integrate con la città. Un nuovo disegno della città dove le giaciture urbane e quelle idrauliche costituiscono una maglia ibrida naturale-artificiale.

In questi contesti cioè il salto culturale compie il passaggio di considerare l’acqua come risorsa ed identità e non come minaccia.

Sperimentazioni progettuali in Calabria

A titolo esemplificativo si riportano due esperienze progettuali in Calabria che si muovono sul piano della ricerca e della proposta concreta: i *waterfront* di Pizzo Calabro e di Siderno⁶.

Per una regione che registra 783 Km di costa, definita da Predrag Matvejevic «un’isola senza mare»⁷ la relazione tra il suolo e il mare, connota fortemente i suoi caratteri identitari e il consolidarsi storicamente del suo sistema insediativo.

Ai fenomeni di abusivismo edilizio che insieme al sistema infrastrutturale hanno creato nel tempo un cordone rigido su tutto la costa calabrese, spesso si aggiungono interventi pianificati che

6. La prima esperienza si riferisce al workshop realizzato nel 2006 nell’ambito del Dipartimento DASTEC dell’Università di Reggio Calabria su *Il turismo come arte dei luoghi* – responsabili del progetto G. Neri e O. Amaro con L. Marino, S. Amaddeo, E. Ansaloni, E. Corsaro, F. Foti, F. Schepis. La seconda esperienza si riferisce al concorso d’idee (2015) per *La ricostruzione del lungomare di Siderno (RC)* responsabili O. Amaro e M. Tornatora, con A. De Luca, G. Grollino, C. Penna, D. Fazzari.

7. MATVEJEVIC 2002, p. 33.



Figura 1. Pizzo Calabro (VV), foto aerea. L'intervento di difesa costiera alla base della rupe (da AMARO, THERMES, TORNATORA 2012, p. 12).

non si confrontano con la consapevolezza di una terra legata a «Una bellezza di pura geologia, di conformazione del terreno e di storia della terra»⁸.

Nel tempo il sistema antropico ha eroso quello della biodiversità, caratterizzata dalla linea dunale continua di flora e fauna identitaria. Alle vaste spiagge, soprattutto ioniche si sostituisce, spesso una stretta cimosa, precaria sul piano della sicurezza, degradata sul piano paesaggistico.

Le esperienze progettuali, all'interno di una ricerca più vasta che coinvolge diversi approcci multidisciplinari tendono a sperimentare modalità d'intervento capaci di coniugare sicurezza e qualità del paesaggio, sistema insediativo e carattere dei luoghi, in poche parole tentano un'azione di "restauro del paesaggio".

Pizzo Calabro è caratterizzato dalla rupe rocciosa dalla forza iconografica "Bökliniana", in simbiosi tra il complesso naturale di grotte e quello antropico dell'architettura (figg. 1-2).

8. ALVARO 2003.



Figura 2. Theodore Du Moncel, Litografia di Pizzo Calabro (VV), 1850 (da CARLINO 2002, p. 187).

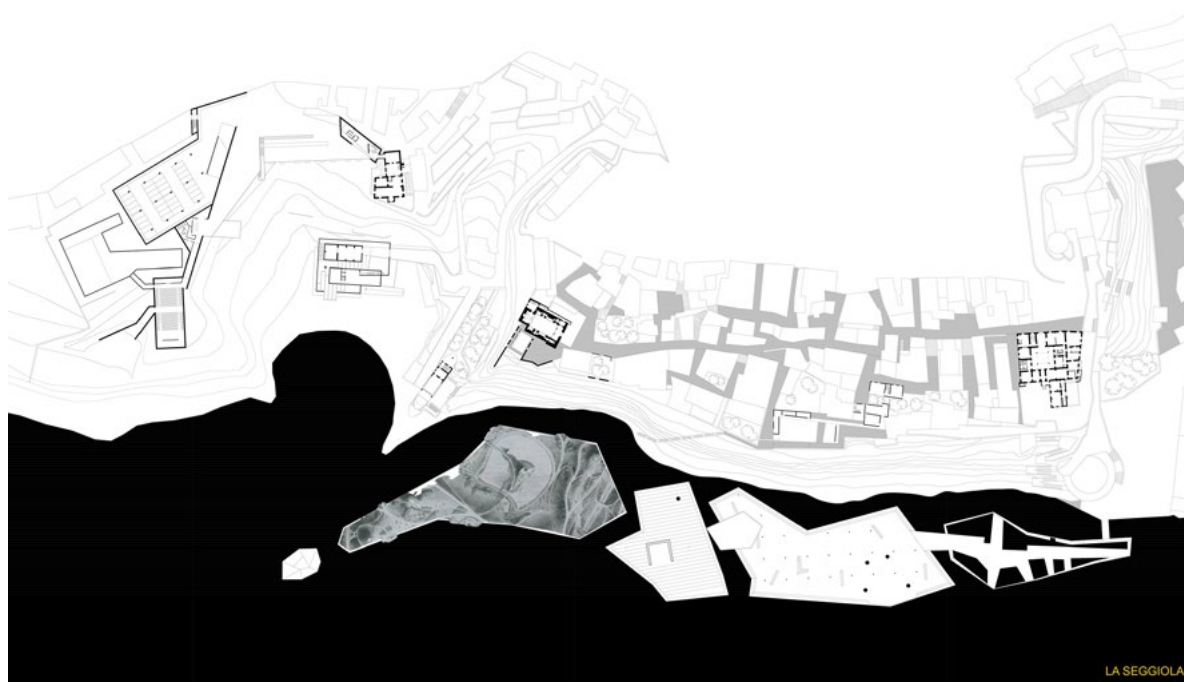


Figura 3. Proposta di riprogetto della base della rupe di Pizzo Calabro (VV): planimetria generale. Progetto Amaro-Nesi, *Lid'A 5*, 2006, http://www.lida.unirc.it/g_neri_-_o_amaro.html. (ultimo accesso 26 settembre 2019).

Il progetto si confronta con il tema della difesa dall'erosione, rappresentato da un terrapieno realizzato dal Genio Civile per le Opere Matittime interposto alla base della rupe, con la conseguente distruzione del rapporto storico e iconografico con il mare.

Senza rinunciare al dispositivo protettivo, il progetto interviene in un'azione di tentativo di riannodare i fili con l'acqua e la rupe: il terrapieno riportato a una condizione di barriera soffolta, viene frammentato in cinque isole che fanno riportare l'acqua nelle grotte e a contatto con la roccia.

L'"arcipelago" riporta sotto la rupe l'idea del "fantastico" e del "sublime", proprio della forza insediativa del luogo, attraverso una carica utopica in grado di raccontare nuove ritualità collettive e urbane di cui è capace la città contemporanea (fig. 3).



Figura 4. Siderno (RC), il lungomare dopo la mareggiata del 2015 (foto O. Amaro, 2015).

A Siderno il tema del concorso d'idee è la ricostruzione del lungomare più volte distrutto da eventi marini catastrofici (fig. 4).

La proposta progettuale non si limita, né sul piano teorico, né su quello pratico, alla ricostruzione della linea muraria. Esso si pone come necessità di revisione del rapporto complessivo della lunga fascia naturale "fuori città", ma centrale nelle dinamiche sociali e urbane che coinvolge tutto il sistema insediativo costiero (fig. 5).

Al disegno del suolo, per gran parte riportato alla condizione di permeabilità con il predominio delle aree verdi, corrisponde un ripensamento della sezione trasversale che, dall'ambito urbano, isola la presenza dell'infrastruttura ferroviaria, crea una vasta area di parco urbano e si relaziona con



Figura 5. Concorso per la ricostruzione del lungomare di Siderno (RC) (schizzo di progetto di O. Amaro).

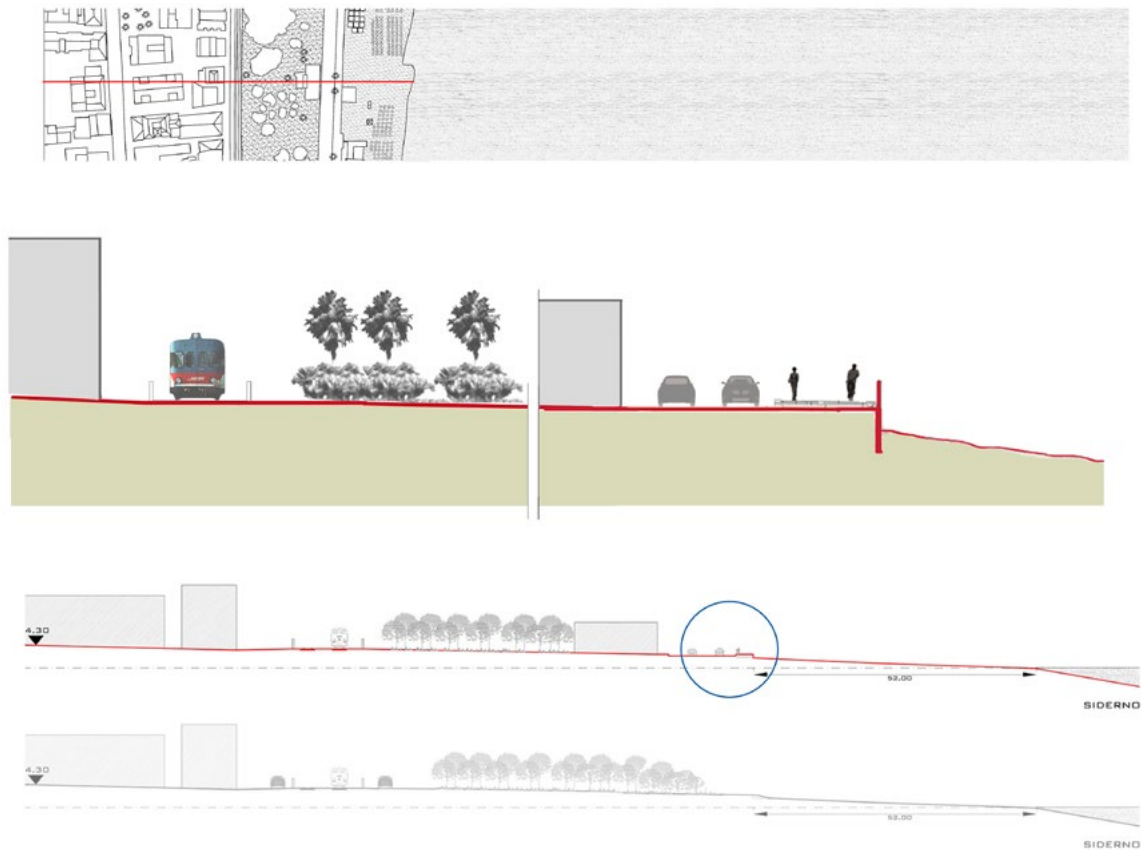


Figura 6. O. Amaro. M. Tornatora, 2015, Progetto di concorso d'idee, *La ricostruzione del lungomare di Siderno (RC)*.

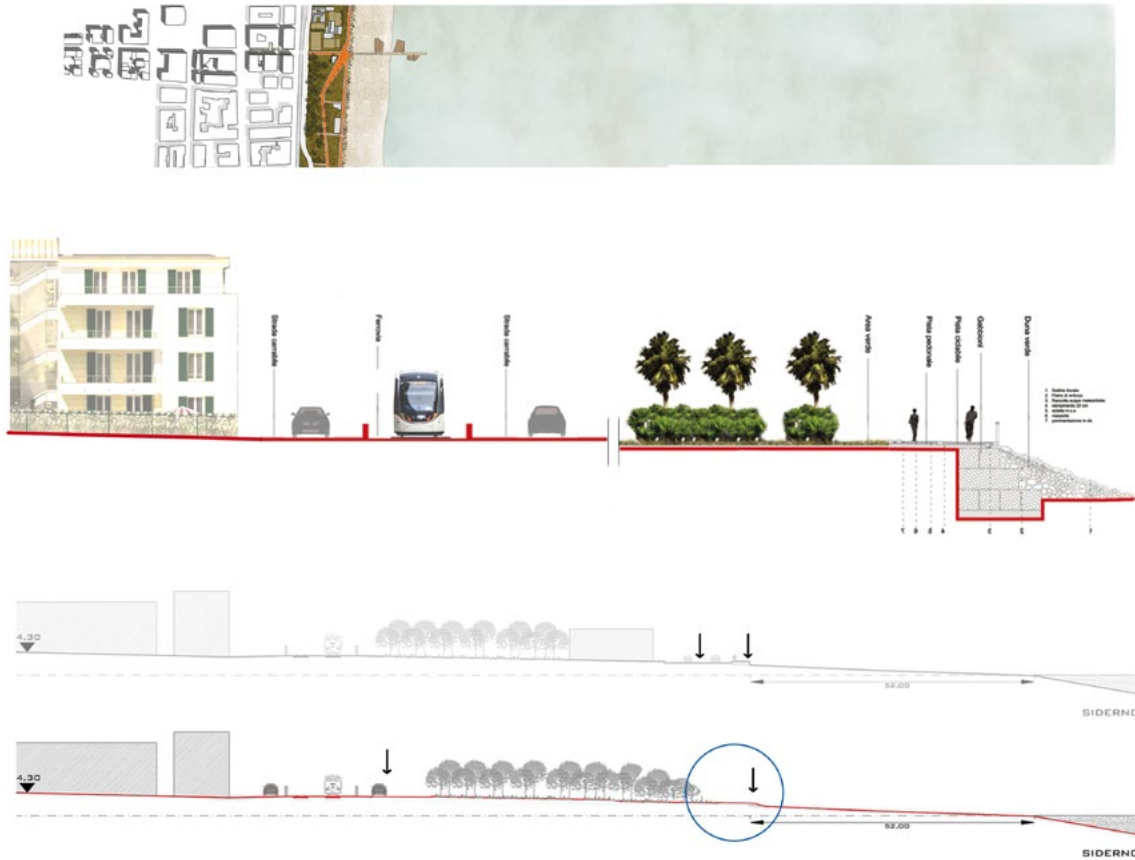


Figura 7. O. Amaro. M. Tornatora, 2015, Progetto di concorso d'idee, *La ricostruzione del lungomare di Siderno (RC)*.



Figura 8. O. Amaro, M. Tornatora, 2015, Progetto di concorso d'idee, *La ricostruzione del lungomare di Siderno (RC)*. Vista prospettica del sistema dunale e del teatro all'aperto.

l'arenile in maniera flessibile attraverso la mediazione di un piano inclinato naturale sostenuto da essenze riparie locali (figg. 6-7).

Dunque un'azione di eliminazione del muro come barriera rigida da contrapporre inutilmente all'energia marina e la messa in opera di un segno dunale "adattivo", resiliente, capace di prevedere il mutamento in relazione all'azione dell'acqua e di riconfigurarsi attraverso l'uso di materiali flessibili e permeabili (fig. 8).

Al tradizionale lungomare, pensato come semplice "passeggiata" e attraversamento, si contrappone l'idea di progetto capace di innescare i processi più complessivi di rigenerazione urbana, in una condizione paesaggistica ibrida dove ai codici dell'architettura e della città si accostano quelli della natura.

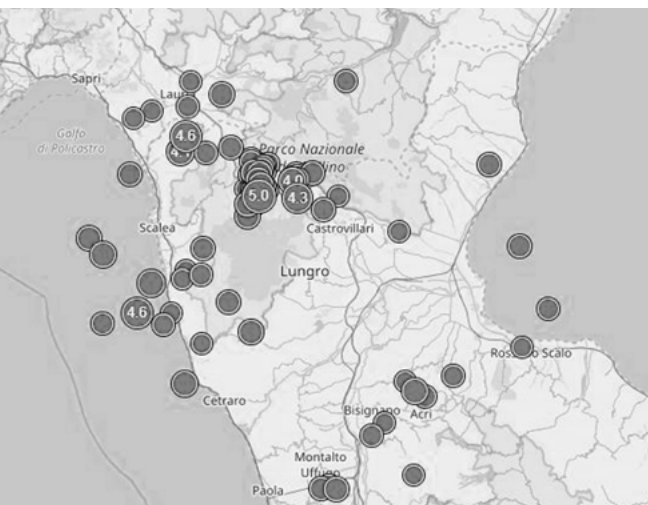
Bibliografia

- ALVARO 2003 - C. ALVARO, *Calabria*, Iiriti editore, Reggio Calabria 2003.
- AMARO, THERMES, TORNATORA 2012 - A. AMARO, L. THERMES, M. TORNATORA (a cura di), *Il progetto dell'esistente e il restauro del paesaggio: Pizzo Calabro, il turismo come arte dei luoghi*, Iiriti, Reggio Calabria 2012.
- AMARO 2016 - O. AMARO, "Water projects": *the grammar of nature or the language of vision?*, in G. BERTELLI, P. BRACCHI, P. MEI (a cura di), *Feefing(the) Landscape, A new dynamic museum for agriculture*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna 2016, pp. 266-275.
- BRUTTOMESSO 1993 - R. BRUTTOMESSO (a cura di), *Waterfronts – A new frontier for cities on water*, Grafiche Veneziane, Venezia 1993.
- CADERNOS 2005 - CADERNOS DA FACULDADE DE ARQUITECTURA DA UNIVERSIDADE TÈCNICA DE LISBOA, *Arquitectura, paisagem e àgua*, 2005, 4.
- CARLINO 2002 - C. CARLINO (a cura di), *Dallo Stretto a Pizzo: vcedute della Collezione Pacetti*, Monteleone, Vibo Valentia 2002.
- Città–Porto: Palermo/City-Port* 2006 - *Città–Porto: Palermo/City-Port*, Catalogo della X Mostra Internazionale di Architettura, (Venezia 15 ottobre 2006-14 gennaio 2007), La Biennale di Venezia, Marsilio, Venezia 2006.
- DE SETA 1986 - C. DE SETA, *La civiltà dell'acqua e delle fontane*, in C. DE SETA, *Luoghi e architetture perdute*, Laterza, Bari 1986, pp. 236-273.
- GREGORY 1998 - P. GREGORY, *La dimensione paesaggistica dell'architettura nel progetto contemporaneo*, Laterza, Bari 1998.
- GREGOTTI 1991 - V. GREGOTTI, *Progetto di paesaggio*, in «Casabella» 1991, 575-576, pp. 2-4.
- MATVEJEVIC 2002 - P. MATVEJEVIC, *Mediterraneo: un nuovo breviario*, Garzanti, Milano 2002.
- NICOLIN 2014 - P. NICOLIN, *La proprietà della resilienza*, in «Lotus», 2014, 155, pp. 52-57.
- PEDRETTI 1991 - B. PEDRETTI, *Il linguaggio naturale*, in «Casabella», 1991, 575-576, p. 69.
- TURRI 2010 - E. TURRI, *Il paesaggio e il silenzio*, Marsilio, Venezia 2010.



Rischio sismico: monitoraggio GPS/GIS e applicazioni di reti neurali per il controllo di una faglia attiva nell'area di Castrovillari

Vincenzo Barrile, Antonino Fotia
vincenzo.barrile@unirc.it, antonino.fotia@unirc.it



Il monitoraggio dei fenomeni geodinamici è sempre in continua evoluzione. La disponibilità di big data acquisiti nel tempo, consente di creare modelli specifici in grado di simulare la situazione in questione, tuttavia la predizione dei terremoti è ancora scientificamente impossibile. I terremoti si presentano a grappoli e le scosse di terremoto maggiori sono preceduti da piccole scosse. L'applicazione di appositi modelli matematici ai dati ricavati dalla misurazione degli sciami, potrebbe fornire come risultato un valore percentuale relativo alla probabilità che in una determinata regione possa accadere un evento sismico di data rilevante. Un sistema di previsione probabilistico dei fenomeni sismologici può aiutare le autorità e le amministrazioni pubbliche a prendere decisioni pratiche o fare scelte decisive per la vita dei cittadini o di gestione del patrimonio culturale. L'obiettivo del seguente lavoro è quello di analizzare i risultati di uno sperimentale sistema predittivo sviluppato dal Laboratorio di Geomatica di Reggio Calabria. Tale sistema, basato su reti neurali, è stato sviluppato in modo da calcolare la probabilità di accadimento di un evento sismico in funzione degli scostamenti superficiali di punti di una rete di monitoraggio in relazione ad eventi avvenuti nel loro intorno. A tale scopo sono stati utilizzati i dati in possesso dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia correlati con i dati rilevati da una sperimentale rete GPS di monitoraggio, posizionata a cavallo della faglia attiva di Castrovillari (Calabria, Italia).

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR182



Seismic Risk: GPS/GIS Monitoring and Neural Network Application to Control Active Fault in Castrovillari Area (South Italy)

Vincenzo Barrile, Antonino Fotia

Italy is one of the countries with the greatest seismic risk in the Mediterranean, due to the frequency of earthquakes that have historically affected its territory and the intensity that some of them have reached, resulting in significant social and economic impact. Given the importance of the artistic and architectural heritage present on the peninsula, the focus is on new strategies for reducing risk from natural disasters.

The prediction of earthquakes is still scientifically impossible: the earthquake shock is the result of a complex system of factors and events that occur well below the earth's crust. The magnitude and timing of a seismic event depends, for example, on the energy accumulated at a fault point and the level of "stress" reached at that precise point in the Earth's crust. Obtaining precise measurements of these values would require mileage drilling beneath the Earth's surface and the installation of very sophisticated sensors, which are not yet developed¹.

However, earthquakes occur in clusters: the major aftershocks are preceded by small "warning" tremors. When the intensity, frequency and proximity of these tremors increases, there is a seismic

1. BERNARDINI *ET ALII* 2007.

swarm, a real wake-up call for seismologists and experts in natural disasters. It is not uncommon, in the same way, to measure surface movements of well-defined points, perhaps straddling active faults. Applying, therefore, special mathematical models to the data obtained from the measurement of swarms and the displacements of cornerstones placed on a fault, it can be possible to obtain the probability that in a certain region a major seismic event can happen.

Using all this data, the proposed tool would allow the assessment of “short-term seismic hazard” thus obtaining a percentage value relative to the probability of an earthquake occurring in each region, shown in a GIS system.

The potential of the instrument would allow the authorities, to prepare the emergency response in time and to ensure the physical safety of citizens, and for citizens to be informed about the risks that occur on a daily basis.

Geo-Topographical Characteristics of the Castrovillari Fault

As known, Calabria is in a very complete geo-dynamic position and at high seismic risk. It has, in fact, a very high seismic hazard (for the frequency and intensity of the phenomena that occurred in the historical era), a very high vulnerability (for fragility of buildings, infrastructure, industrial, productive and a very high exposure (for density of housing and the presence of a historical, artistic and monumental heritage in areas affected by active faults). For this reason, it is therefore at high seismic risk, in terms of casualties, damage to buildings and direct and indirect costs are expected as a result of a strong earthquake².

Calabria is crossed by a system of faults in full activity (red lines in the fig. 1), which develop from the Crati Valley, passes through the Strait of Messina and ends in eastern Sicily. These faults represent sectors of high seismic risk and almost all of the catastrophic earthquakes that hit Calabria in the historical era have originated here: the earthquake of the Crati Valley of 1183, the earthquake of Reggio and Messina in 1908, the crisis southern Calabria earthquakes of 1783, earthquakes in central Calabria in 1638 and 1905, the “cosentino” earthquakes of 1835, 1854 and 1870³.

The Castrovillari Fault is the most northerly Calabrian fault, it is located on the southwest side of the Pollino Range and consists of three main trend NNW escarpments, facing the southwest,

2. D'AMICO ET ALII 2009.

3. BARZAGHI 2002.



Figure 1. Calabria's active faults (red) and Earthquake (yellow) (Geomatics Lab - DICEAM *Mediterranea University*).

stretching for 10-13 km. Grading tracks have a complex geometry: they are parallel to each other through an area 1-2 km wide and form a step pattern.

GPS /GIS Data (Castrovillari GPS' Network)

As part of a project to monitor the active faults, starting from the network established in collaboration with the Polytechnic of Milan (that installed the first GPS network in Castrovillari), the laboratory of Geomatics of *Mediterranea University*, right on the Castrovillari fault placed a GPS network whose points are constantly detected from 2007 to date (weekly/monthly basis). The network counts some points straddling the Castrovillari active fault and another three on exterior area, located in the stable area, including two on the east side and one on the west side⁴.

4. BARRILE, MEDURI, BILOTTA 2014.

	$\hat{\sigma}_0$	X^2_{sp}	$X^2_{95\%}$	$S_{max}(m)$	$S_{med}(m)$
2007	1.09	71.3	76.2	0.065	0.026
2008	1.11	80.6	82.1	0.061	0.022
2009	1.11	100.3	100.6	0.058	0.025
2010	1.10	68.5	69.4	0.055	0.021
2011	1.13	75.2	75.8	0.054	0.018
2012	1.10	81.4	82.3	0.051	0.015
2013	1.12	72.5	82.7	0.056	0.024
2014	1.12	73.1	82.9	0.058	0.021
2015	1.11	80.4	78.5	0.060	0.023
2016	1.11	80.2	78.9	0.061	0.022
2017	1.12	78.0	81.2	0.061	0.022
2018	1.11	79.9	80.2	0.059	0.019
2019	1.11	80.1	82.5	0.062	0.019
$\hat{\sigma}_0$	Estimation of the standard deviation of unit weight				
X^2_{sp} $X^2_{95\%}$	Experimental value of the statistic for the overall model and the upper limit to the level of significance of 5 %				
S_{max} S_{med}	Maximum and average values of the semi axes of the ellipsoid standard error				

Table 1. Global parameters of compensation.

As known (with particular reference to active fault monitoring and control networks) a rigorous data acquisition would involve simultaneous use of a number of GPS receivers coinciding with the number of network cornerstones and materialisation on rock of the measuring points via pillars in order to reduce below the millimetre the centering error (the use of a steel antenna door, properly designed, ensures the stringent requirements mentioned above) performing measurements for consecutive days, with eight-hour observation windows for each day, 15-degree cut off angle and 15-hour sampling time⁵.

Unfortunately, due to the lack of funds, instrumentation (3 GPS receivers) and staff availability for such a long period of time, the measurement campaigns carried out by the Geomatics Laboratory (from 2007 to date on a monthly and/or weekly basis), used the triangulation method from time to time on three network points (without, however, performing the centering with steel antenna as originally designed), although it still used the same test network initially materialised.

Although the survey methodology used provides lower precision than originally designed (refer to the bibliography for a comprehensive description)⁶, it still guarantees high standards for subsequent global compensation analyses of the test network.

5. BARRILE *ET ALII* 2016.

6. BARRILE, CRESPI 1995.

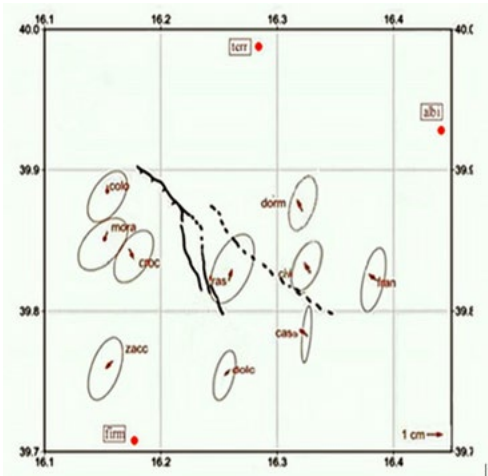


Figure 2. Example of representation of displacements between 2018 and 2019 (Geomatics Lab - DICEAM *Mediterranea University*).

The accurate data processing and the global compensation of the entire network furnishes the coordinates of the network at a given time of measurement and therefore the use of proven observation processing algorithms subsequently determines the significance of network point coordinate changes resulting from repeated GPS surveys over time without prior information on their stability (the ultimate goal of the analysis)⁷.

The statistics and parameters obtained from the processing and compensation of data acquired in the years 2007 to date are reported in tab. 1, as an example.

Depending on the results obtained by setting different offsets for the common datum, it also was possible to create a diagram illustrating the movements. In fig. 2, for example, movements occurring between 2018 and 2019 are shown.

The above activities implemented within a GIS⁸, demonstrate the meaningfulness of the movement on GPS network testing repeated over that time, that have common points without a priori information on the stability of the network point coordinates. In detail, an assigned series of GPS data repeated over that time, through the GIS potentiality it is possible to obtain:

7. BARBARELLA, CRESPI, FIANI 1995.

8. BARRILE, MEDURI, BILOTTA 2014.

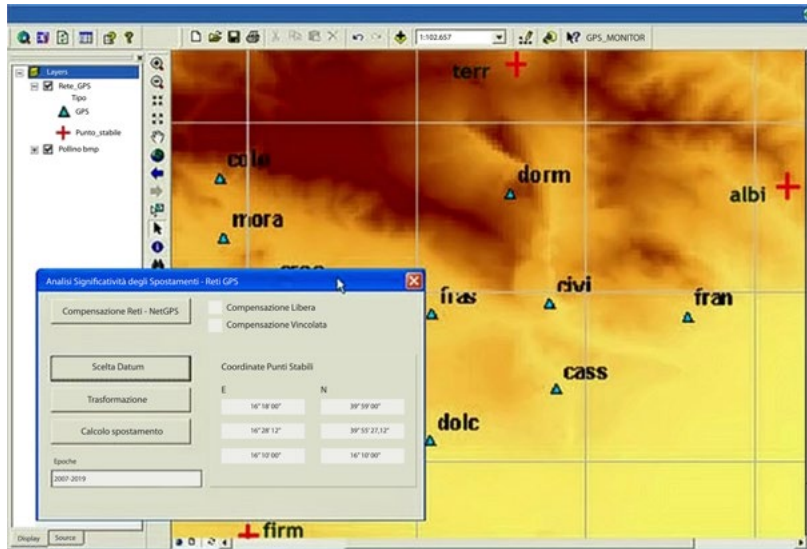


Figure 3. Transformation and calculus movement with a strict adjustment in the Datum (Geomatics Lab - DICEAM Mediterranean University).

- a free adjustment of the single networks;
- the Geodetic Datum's choice (set of the network points statistically stable) through statistical test;
- the estimate of the new coordinates of the network points on identified Datum (transformation);
- a constrained networks adjustment, singularly in the identified Datum;
- calculation displacements of the network points.

In fig. 3, the proposed GIS for the above purposes is also reported

Seismic Data

The seismic data used in our work (figg. 4-6) are those provided by the National Institute of Geophysics and Volcanology (seismic surveys carried out 24 hours a day, 7 days a week throughout the country), related to:

Timezone: Italy Since 01-01-2007 Magnitude: 3+ Point: (39.81, 16.2) - Radius: 50 km Custom Search Map

Showing earthquakes from 1 to 30 of 87 found (Sort Time Descending) Export list (UTC)

Origin time (Italy)	Magnitude	Region	Depth	Latitude	Longitude
2017-10-18 15:10:55	ML 3.7	Costa Calabra nord occidentale (Cosenza)	280	39.80	15.63
2017-07-30 18:58:51	ML 3.1	Costa Calabra nord occidentale (Cosenza)	279	39.65	15.66
2017-05-28 01:52:59	ML 3.1	Costa Calabra nord occidentale (Cosenza)	277	39.65	15.80
2017-04-05 21:17:28	ML 3.1	2 km NW Luzzi (CS)	9	39.46	16.27
2017-03-11 13:35:32	ML 3.4	3 km SW Orsomarso (CS)	277	39.78	15.89
2016-10-29 13:58:04	ML 4.1	3 km NE Aieta (CS)	276	39.95	15.84
2016-08-28 23:37:20	ML 3.1	3 km SW Verdicaro (CS)	270	39.74	15.89
2015-07-03 03:07:23	Mw 3.4	5 km SW Amendolara (CS)	19	39.93	16.54
2014-10-17 18:40:23	ML 3.4	Golfo di Policastro (Salerno, Potenza)	284	39.91	15.73
2014-09-24 17:39:08	ML 3.0	1 km E Santa Maria del Cedro (CS)	26	39.75	15.85
2014-08-27 18:59:03	ML 3.8	Costa Calabra nord occidentale (Cosenza)	274	39.55	15.85
2014-07-31 05:29:28	Mw 3.5	7 km NW Morano Calabro (CS)	8	39.90	16.10
2014-06-06 15:41:38	Mw 4.0	7 km NW Morano Calabro (CS)	8	39.90	16.09

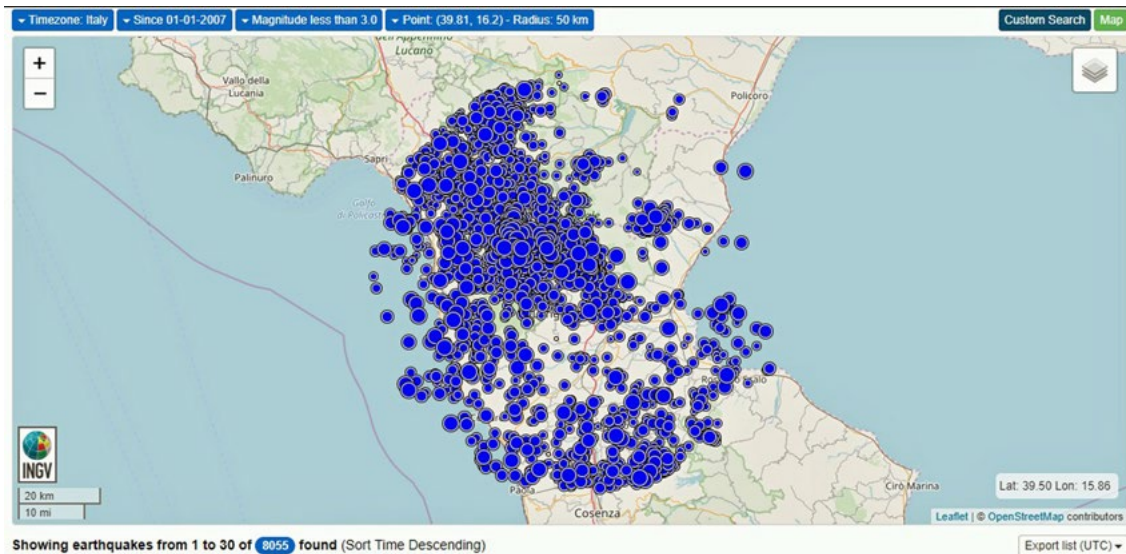
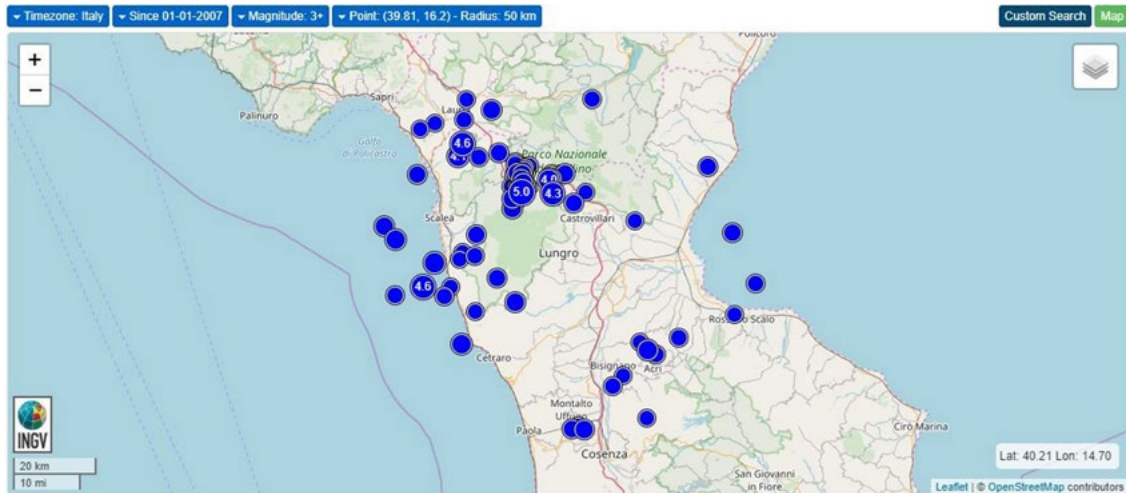
Figure 4. Example of events that occurred around (radius 50 km) of Castrovillari (elaborated from INVG website).

- events that occurred around (radius 50 km of) Castrovillari;
- a time window from 2007 to the present day;
- seismic events with a magnitude greater than 3;
- seismic events with magnifier less than 3.

Predicting Large Aftershock Sequences

At this point, using a neural network, we tried to link the displacement data to the seismic data, to verify the possibility to establish a risk map, which can indicate the probability of a new earthquake occurring and its magnitude (greater or less than 3), in a defined area, at the occurrence of a seismic event.

The occurrence of a large main-shock earthquake is typically triggers a secondary seismic shock, known as an aftershock. Aftershocks resemble the behaviour of a decaying probability model and are said to be just as dangerous as main-shock sequences. The magnitude of an aftershock depends significantly on the time of occurrence and the magnitude of the main-shock.



Above, figure 5. Seismic events with a magnitude greater than 3 from 2007 to date (elaborated from INVG website); below, figure 6. Seismic events with a magnitude lower than 3 from 2007 to date (elaborated from INVG website).

Analysis of the data shows how the highest aftershock reading was observed away from the ruptured main shock, suggesting that the transfer of stress from the main shock to the aftershock is static. From a statistical study of the aftershock sequences, we found that they are generally surface-oriented events, although with magnitudes below the surface of the earth⁹.

Neural networks are non-linear structures of statistical data organised as modelling tools. They can be used to simulate complex relationships between inputs and outputs that other analytical functions fail to represent.

Our goal was to test a machine learning classifier that predicts the correct class (low entity or high entity) based on x and y coordinates (network points' displacement and epicentre earthquake)

We built a 3-layer neural network with an input layer, a hidden layer, and an output layer. The number of nodes in the input layer is determined by the dimensionality of our data. Similarly, the number of nodes in the output layer is also determined by the number of classes that we have. The network input are x and y coordinates (network points' displacement and epicentre earthquake) and its output will be two probabilities, one for class 0 ("magnitude < 3") and one for class 1 ("magnitude > 3").

The learning used to train the network is "reinforcement learning", in which an appropriate algorithm aims to identify a certain modus operandi, starting from a process of observation of the external environment; each action has an impact on the environment, and the environment produces feedback that guides the algorithm itself in the learning process. Such a class of problems posits an agent, endowed with perception skills, who explores an environment in which he takes a series of actions. The environment itself provides an incentive or disincentive in response, as appropriate. The reinforcement learning algorithms ultimately attempt to determine a policy to maximise the cumulative incentives received by the agent during his exploration of the problem. Reinforcement learning differs from supervised learning because no input-output pairs of known examples are ever presented, nor explicitly suboptimal actions be corrected. In addition, the algorithm is focused on online performance, which involves balancing exploration of unknown situations with exploitation of current knowledge¹⁰.

We can choose the dimensionality (number of nodes) of the hidden layer. The more nodes we insert into the hidden layer the more complex functions that we will be able to adapt. But greater dimensionality has a high computational cost. In fact, we need more computation to make predictions

9. ASLANI, MIRANDA 2005.

10. D'AMICO *ET ALII* 2009.

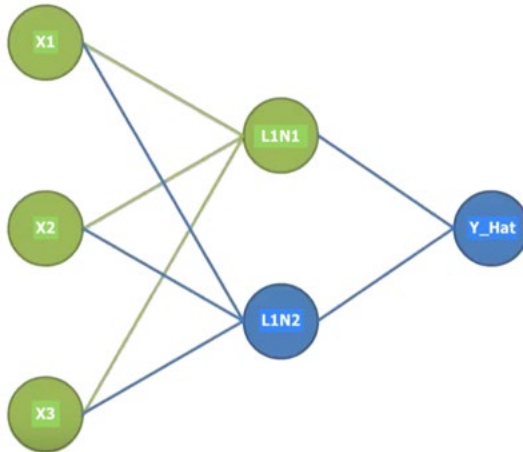


Figure 7. Forward propagation scheme (Geomatics Lab - DICEAM *Mediterranea* University).

and learn network parameters. More parameters also mean that we are more inclined to outperform our data.

For our hidden layer, we chose the “tanh” activation function. It is a non-unilinear activation feature that allows us to adapt nonlinear assumptions. One positive property of these functions is that their derivative can be calculated using the value of the original function.

Since we require our network to generate probabilities, the activation function for the output layer will be softmax, which is simply a way to convert raw scores into probabilities.

Our network makes predictions using forward propagation, which is a series of array multiplications and the application of the activation functions that we defined above. We have to find parameters that minimise the error on our training data, to learn parameters for our network. To define the error we use a common choice with the softmax output function (the categorical cross-entropy loss also known as negative log likelihood). The second step is done by the sum of our training examples and added to the loss if we predicted the incorrect class. The further away the two probability distributions y (the correct labels) and (our predictions) are the greater our loss will be. By finding parameters that minimise the loss we maximise the likelihood of our training data.

So, bearing in mind the large amount of network point displacement data resulting from GPS/GIS data processing and the equally large amount of earthquake data resulting from INGV), the neural network tested, therefore, returns, in a given region (study area) the probability of a seismic event

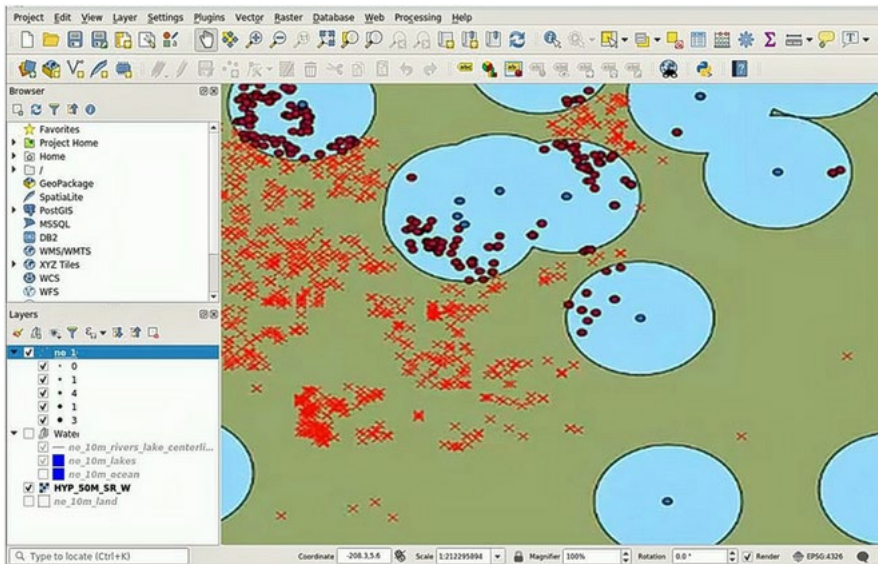


Figure 8. Map of risk (green area: area with a probability of magnitude < 3, Blu area: area with a probability of magnitude > 3; red: earthquake magnitude < 3; dark blue: earthquake magnitude > 3) (Geomatics Lab - DICEAM *Mediterranea University*).

of magnitude less or greater than 3 in relation to the occurrence of an event recorded by INGV in the approximately 50 km from the study area.

The result can be displayed on GIS through suitable functions (fig. 8).

Clearly the results obtained are only in the initial experimental phase. It must be said that, as we know it is not possible to predict earthquakes and that surely the unique link or correlation between surface movements and earthquakes is certainly reductive entering into play (in the field of prevention) a lot of parameters (geophysical precursors: anomalies in the speed and characteristics of seismic waves P and S - variations in the magnetic and electrical characteristics of rocks and the atmosphere; seismological precursors: before a major seismic event a series of micro-tremors can occur, detectable only through instruments, or a change in the distribution of seismicity; geodesic precursors: changes in altitude, position, tilt of parts of the ground surface and speed of measured displacements; geochemical precursors: variation in the concentration in groundwater and ground

gases of certain radioactive chemical elements, including radon gas; hydrological precursors: variation in the level of the aquifer subsoil, as measured in the wells, and so on). It is also worth noting that the neural network used and implemented for this work comes from an experimental test, initially built and tested with different data and application finalities that are also different) and therefore it is also certainly susceptible to more improvements and enhancements to achieve better and reliable results. However, the experimentation carried out, although requiring further testing and analysis (both on the quantification of GPS data and their accuracy), to date, unexpectedly even for the writer, has nevertheless shown that, (maybe at random?) a certain link would seem to exist between displacements and earthquakes (which needs to be further investigated and ascertained in order to contribute to the definition of the mechanism of propagation of earthquakes) although applied to the forecasting of earthquake date intensity after verification.

Conclusion

The large number of GPS data acquired over time makes it possible to highlight a speed of displacement of the earth's crust in the active fault Castrovillari; this shift is in the order of 30 (mm/year). Geological studies carried out in the subsoil show a moving speed of 3-9 (mm/year). The ambitious study of the surface deformation of the crust in the area of Castrovillari aims to highlight the possibility of a scientific comparison between subsurface deformations and surface deformations, in order to improve the knowledge of the geo-structural fault active. Furthermore, the area of Castrovillari, for the presence of such active faults, should be considered as a potential generating future earthquake with higher magnitude.

Through the appropriate use of a Neural Network specially trained and tested on historical data made available by INGV, it was possible to estimate, for every earthquake considered separately, its tracking of isoseismic lines beginning from known data and the intensity of the earthquake itself, both the geomorphological characteristics of the studied area. It was thus possible to implement a GIS layer of artificial intelligence called Overlay AI that, intersecting in a relevant way the isosisme, gives sufficient information about the seismic risk of the area analysed. That achieved an acceptable preliminary result because, if properly overlaid with layers depicting such socio-economic characteristics present therein, can adequately explain the experimental methodology for obtaining a preliminary map of seismic hazard at detailed scale directly integrated in GIS environment, for the purposes of decision support to the various local authorities for the protection and safeguarding of the public.

Bibliography

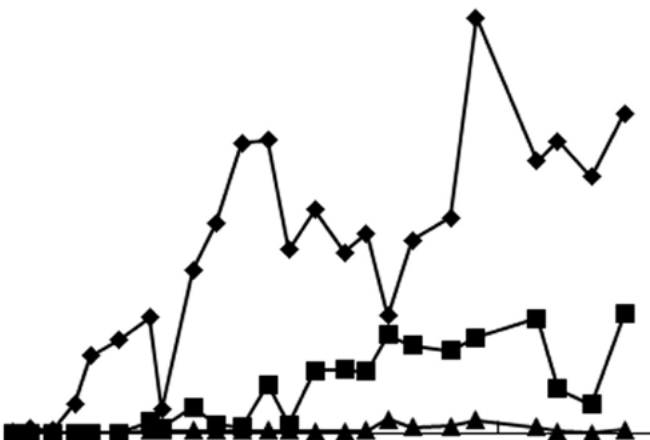
- ASLANI, MIRANDA 2005 - H. ASLANI, E. MIRANDA, *Probabilistic Earthquake Loss Estimation and Loss Disaggregation in Buildings* (Stanford, CA, USA, Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, Report No. 157 <https://searchworks.stanford.edu/view/kw177ns9250> (accessed 21 February 2019)).
- BARBARELLA, CRESPI, FIANI 1995 - M. BARBARELLA, M. CRESPI, M. FIANI, *Analisi statistica della significatività degli spostamenti*, in Atti del 13^o Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, (Roma, 23-25 novembre), Esagrafica Roma 1994, pp. 319-330.
- BARRILE, CRESPI 1995 - V. BARRILE, M. CRESPI, *Compensazioni ed analisi di rilievi GPS per il controllo di deformazioni nell'area Etna*, in Atti del 14^o Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, (Roma, 23-25 ottobre 1995), Esagrafica Roma 1995, pp. 309-318.
- BARRILE, MEDURI, BILOTTA 2014 - V. BARRILE, G.M. MEDURI, G. BILOTTA, *Monitoring and GPScontrols, over time, of the active fault in Castrovillari. Latest Trends*, in *Energy, Environment And Development*, Proceedings Of 7th International Conference On Environmental And Geological Science And Engineering (EG '14) (Salerno, 3th-5th of June 2014), Energy, Environmental And Structural Engineering Series, Atlantis Press, Paris 2014, pp. 169-175.
- BARRILE, MEDURI, BILOTTA 2014 - V. BARRILE, G.M. MEDURI, G. BILOTTA, *An open GIS for the significance analysis of displacements arising from GPS networks repeated over time: an application in the area of Castrovillari*, in «WSEAS Transactions on Signal Processing», 2014, 10, pp. 582-591.
- BARRILE ET ALII 2016 - V. BARRILE ET ALII, *GPS- GIS and Neural Networks for Monitoring Control, Cataloging the Prediction and Prevention in Tectonically Active Areas*, in «Procedia - Social and Behavioral Sciences», 2016, 223, pp. 909-914.
- BARZAGHI 2002 - R. BARZAGHI, *Determinazione dello stile di deformazione e dello stato di sforzo dell'arco Calabro. Framework Program 2000–2002, Annual Report –1st Year Of Activity*, ftp://ftp.ingv.it/pro/gndt/Att_scient/Pe2001_RelAnn/Barzaghi/PE2001_RelAnn_Barzaghi_ita.pdf (accessed 12 January 2019).
- BETTI, CRESPI, SGUERSO 1994 - B. BETTI, M. CRESPI, D. SGUERSO, *Stabilità del sistema di riferimento nella determinazione di reti GPS*, in «Bollettino Sifet», 1994, 4, pp. 67-88.
- BERNARDINI ET ALII 2007 - A. BERNARDINI ET ALII, *Vulnerabilità e previsione di danno a scala territoriale secondo una metodologia macrosismica coerente con la scala EMS-98*, in *L'ingegneria Sismica in Italia*, ANIDIS, XII Convegno Nazionale (Pisa 10-14 giugno 2007), Edizioni Plus, Pisa 2007, pp. 1-9.
- CINTI ET ALII 2002 - F.R. CINTI ET ALII, *New constraints on the seismic history of the Castrovillari fault in the Pollino Gap (Calabria, Southern Italy)*, in «Journal of Seismology», 2002, 6, pp. 199-217.
- D'AMICO ET ALII 2009 - S. D'AMICO ET ALII, *Heuristic Advances In Identifying Aftershocks*, in «Seismic Sequences. Computers & Geosciences», 2009, 35, pp. 245-254.
- D'AMICO ET ALII 2011 - S. D'AMICO ET ALII, *A seismic vulnerability model for urban scenarios. Quick method for evaluation of roads vulnerability in emergency*, in «Ingegneria Sismica», 2011, 28, pp. 31-43.
- PARRILLO ET ALII 2015 - PARRILLO ET ALII, *Neural Networks Radial Basis Function and Method Delta/Sigma for the Forecast of Strong Replicas*, Atti del 34^o Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, (Trieste, 17-19 novembre), Esagrafica, Roma 2015, pp. 197-200.



Groundwater Remediation Using Permeable Reactive Barrier Technology

Stefania Bilardi, Paolo Salvatore Calabrò, Nicola Moraci
stefania.bilardi@unirc.it, paolo.calabro@unirc.it, nicola.moraci@unirc.it

A Permeable Reactive Barrier (PRB) represents a valid and sustainable in situ groundwater remediation technology. It consists of a diaphragm wall, filled with a reactive medium and placed across the flow path of the contaminated groundwater in order to intercept the contaminants. A PRB does not require energy for, it requires the removal of modest volumes of soil, it does not present problems of visual impact and allows the use of the contaminated site during remediation. Monitoring performed on full-scale PRB, composed of zero valent iron (ZVI) as reactive medium, showed that, despite the considerable reactivity, ZVI is not able to maintain its hydraulic conductivity over a long period of time. The objective of the present work was to improve the hydraulic behaviour of the ZVI, by mixing this material with lapillus, a reactive medium of volcanic origin, sustainable for the environment and readily available. Experimental studies, conducted through batch and column tests, have shown that lapillus is reactive towards the tested contaminants, i.e. nickel and zinc, whose presence seriously threatens the quality of aquifers.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR183



La bonifica delle acque di falda tramite la tecnologia delle barriere permeabili reattive

Stefania Bilardi, Paolo Salvatore Calabrò, Nicola Moraci

Attività commerciali o industriali dismesse, lo smaltimento incontrollato di rifiuti solidi, lo sversamento accidentale o incontrollato di rifiuti liquidi sul terreno sono alcune tra le possibili attività che comportano un degrado della risorsa idrica sotterranea minacciando la sicurezza e la salute dell'uomo. La risorsa idrica rappresenta un bene estremamente prezioso, non inesauribile, lasciataci in eredità dalle passate generazioni che va protetto e tutelato al fine di poter essere utilizzato con diversi scopi: da quelli potabili a quelli irrigui, domestici, agricoli o industriali. Laddove la qualità delle acque sotterranee è compromessa, allora è importante ripristinarne il naturale equilibrio, garantendo la qualità necessaria a rendere la risorsa idrica nuovamente fruibile all'uomo. Nell'ambito della sostenibilità ambientale si inquadra il tema oggetto del presente studio, ovvero la bonifica delle acque sotterranee tramite la tecnologia delle barriere permeabili reattive (BPR)¹. Il tema è infatti oggetto di grande attenzione da parte della comunità scientifica ai fini della salvaguardia della risorsa idrica, quale patrimonio naturale dell'umanità, e al fine di rendere gli insediamenti umani più sicuri e sostenibili. Una BPR è costituita da un diaframma, costituito da un materiale permeabile e reattivo, installato perpendicolarmente al flusso di falda in maniera tale da intercettare e immobilizzare/degradare gli inquinati contenuti in esso. Una BPR è una tecnologia a basso impatto ambientale

1. HASHIM *ET ALII* 2011, pp. 2367-2375; OBIRI-NYARKO *ET ALII* 2014.

infatti non necessita energia per il suo funzionamento, in quanto si lascia attraversare dalla falda per mezzo del suo gradiente idraulico; richiede la rimozione di modesti volumi di terreno; non presenta problemi di impatto visivo (impianto completamente interrato) e, poiché consente di utilizzare il sito contaminato durante la bonifica presenta anche un basso impatto sociale². Una BPR rappresenta inoltre una valida alternativa alla tradizionale e diffusa tecnica del *Pump and Treat* che prevede il pompaggio dell'acqua sotterranea contaminata, con un importante consumo energetico, ed il conseguente trattamento presso un impianto di depurazione.

Una BPR può essere realizzata con diverse configurazioni. La configurazione più semplice è a "trincea continua" in cui il diaframma è installato perpendicolarmente al flusso di falda. La configurazione ad imbuto con uscita reattiva (*funnel and gate*) consiste nel dirigere il flusso verso la zona di trattamento (*gate*) attraverso setti dotati di bassa permeabilità (*funnel*) rispetto a quella dell'acquifero, tali setti possono essere costituiti da palancole e diaframmi plastici. Una variante di quest'ultima configurazione è quella a cassone dove elementi dotati di bassa permeabilità dirigono il flusso verso un setto drenante costituito da cassoni, di forma cilindrica o parallelepipedica, contenenti il mezzo reattivo e tra loro collegati in serie, eventualmente rimovibili per facilitare le eventuali operazioni di sostituzione dello stesso.

La scelta del materiale di riempimento per la realizzazione di una BPR dipende dal contaminante da trattare. Applicazioni in situ di BPR hanno visto l'utilizzo di calcare, per il trattamento di drenaggi acidi di miniera o falde contaminate da metalli pesanti; l'utilizzo della zeolite, per trattare acque contaminate da radionuclidi (stronzio-90); il carbone attivo granulare, per la rimozione di idrocarburi policiclici aromatici, fenoli e composti organici volatili; il ditionito di sodio, per la rimozione del cromo esavalente e l'idrossiapatite, per la rimozione di metalli pesanti, solfati e nitrati. Le BPR più diffuse utilizzano il ferro zerovalente (Fe^0) come materiale reattivo³, in quanto in grado di rimuovere una vasta gamma di inquinanti fra i quali: solventi organici clorurati, metalli pesanti e radionuclidi⁴. Anche in Italia, dove si contano quattro esempi di installazione di BPR, esse prevedono tutte l'utilizzo del Fe^0 .

Per un corretto funzionamento della barriera è fondamentale che il materiale di riempimento mantenga le sue caratteristiche di reattività e di permeabilità nel lungo periodo. Per tale motivo è necessario un monitoraggio continuo della barriera durante il processo di bonifica che accerti la riduzione della concentrazione degli inquinanti, entro i limiti normativi, e il mantenimento della

2. MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2015.

3. FU, DIONYSIOU, LIU 2014.

4. FAISAL ET ALII 2017.

permeabilità che, al pari della reattività, è una caratteristica importante al fine di garantire il naturale deflusso della falda attraverso la barriera. Il monitoraggio eseguito su diverse BPR a base di Fe^0 ha consentito di accertare, ad esempio dopo 15 anni di funzionamento per una barriera installata nel North Carolina (USA)⁵, il rispetto dei livelli normativi a valle della barriera, e la presenza di precipitati minerali, quali ossidi e solfuri di ferro, che non hanno significativamente alterato la permeabilità della stessa. In molti altri casi invece, è stata osservata, anche solo dopo due anni di funzionamento, una riduzione della permeabilità della barriera fino ad osservare fenomeni di aggiramento della stessa da parte della falda (è il caso di una BPR installata a Copenhagen)⁶. Studi sperimentali⁷ condotti sul Fe^0 hanno infatti evidenziato come lo stesso potrebbe ridurre drasticamente la propria permeabilità per diverse cause. Un esempio, è la formazione e precipitazione dei prodotti di corrosione del ferro, che determina il riempimento dei vuoti della barriera provocando, nel tempo, l'occlusione degli stessi, e una drastica riduzione della permeabilità. Ulteriori cause di riduzione della permeabilità sono: la formazione e l'accumulo di gas, ad esempio idrogeno formatosi durante la corrosione del ferro in condizioni anaerobiche; la formazione di precipitati minerali, quali ad esempio carbonati, idrossidi e solfuri di ferro; la formazione di biofilm (nell'eventuale presenza di processi biologici all'interno della barriera), o il trascinamento delle particelle fini del terreno costituente l'acquifero. Mentre l'ultimo fenomeno può essere evitato attraverso una corretta progettazione geotecnica della barriera, che deve essere progettata per assolvere alla funzione di filtro nei confronti del terreno costituente l'acquifero, la formazione di precipitati, di gas o dei prodotti di corrosione del ferro è inevitabile. Una possibile soluzione, per ritardare il processo di intasamento particellare, che limita l'applicazione del Fe^0 nel lungo periodo, è quella di miscelare il ferro ad un materiale granulare (come ad esempio la sabbia⁸ o la pomice⁹) che consenta di disperdere le particelle di ferro in un volume maggiore.

In questo lavoro si propone come agente di supporto al Fe^0 , l'utilizzo del lapillo, un materiale di origine vulcanica, spesso sottoprodotto dell'estrazione della pomice che in mancanza di idonei utilizzi deve essere smaltito come rifiuto¹⁰. Le prove sperimentali condotte hanno avuto come obiettivo

5. WILKIN *ET ALII* 2014.

6. HENDERSON, DEMOND 2007, pp. 405-406.

7. MORACI, CALABRÒ, SURACI 2011; BILARDI, CALABRÒ, MORACI 2015.

8. KOMNITSAS *ET ALII* 2007.

9. MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2016.

10. MADAFFARI *ET ALII* 2017, p. 746.

quello di valutare la possibile reattività del materiale, attraverso test su reattore discontinuo (batch), e di valutare il comportamento idraulico e reattivo nel tempo, attraverso prove in colonna. I contaminanti oggetto di studio sono il nichel e lo zinco la cui presenza minaccia profondamente la qualità delle falde acquifere¹¹.

Materiali utilizzati nella ricerca

I materiali utilizzati nella ricerca sono il Fe⁰ e il lapillo. Il Fe⁰ è del tipo FERBLAST RI 850/3.5 distribuito dalla Pometon S.P.A. di Mestre (Italia) e contiene principalmente ferro in percentuale superiore al 99,74%, e impurità costituite principalmente da Mn (0,26%) con tracce di O, S e C. Il lapillo è quello commercializzato dalla SEM “Società Estrattiva Monterosi” s.r.l., (Viterbo, Lazio) ed è costituito principalmente da silice (SiO₂, 47%) e ossidi di vari elementi (Al₂O₃: 15%; K₂O: 8%; Na₂O: 1%; Fe₂O₃-FeO: 7–8%; MnO: 0,15%; MgO: 5,5% e CaO: 11%). In figura 1 si riporta la curva granulometrica dei due materiali che presentano una granulometria uniforme con un diametro medio dei grani (d⁵⁰) pari a 0,5 e 0,4 mm per il Fe⁰ e il lapillo rispettivamente.

Soluzioni contaminate e metodi analitici

Le soluzioni contaminate sono state preparate con acqua distillata e nitrato di nichel (Nichel (II), nitrato esaidrato, purezza 99,999%) o nitrato di zinco (Zinco(II) nitrato esaidrato, purezza 99,999%). Il pH iniziale delle soluzioni è risultato variabile da 6 a 6,5. I campioni di soluzione acquosa sono stati sottoposti ad analisi quantitativa utilizzando l’ICP-OES (Perkin Elmer OPTIMA 8000).

Prove batch

Le prove batch sono state effettuate ponendo in contatto il lapillo con la soluzione contaminata all’interno di contenitori cilindrici, utilizzandone uno per ogni istante di campionamento. Nel presente studio le prove batch sono state effettuate miscelando 54 mL di soluzione contaminata di nichel o zinco con 5,4 g di mezzo reattivo (rapporto solido/liquido pari a 1/10). Sono stati testati tre valori di concentrazione per ciascun inquinante e pari a 5, 10 e 50 mg/L. I campioni sono stati posti

11. PANAGOS ET ALII 2013.

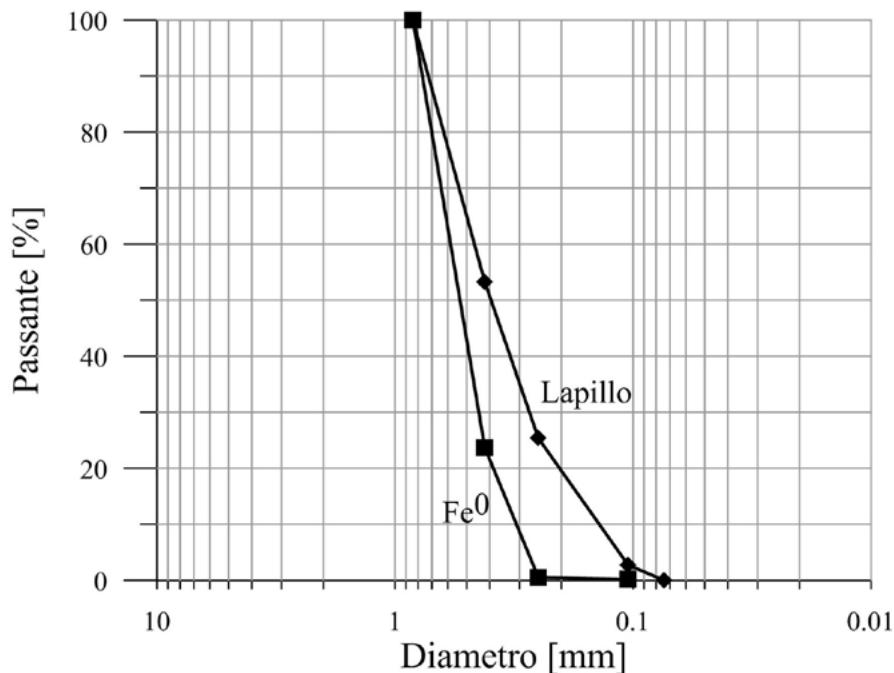


Figura 1. Curva granulometrica del Fe0 e del lapillo.

in agitazione tramite un agitatore rotativo (Stuart Scientific rotator drive STR/4) e, a determinati intervalli di tempo (4, 8, 24, 48, 72 e 96 ore), è stato effettuato il prelievo. Il campione è stato centrifugato ed il surnatante sottoposto ad analisi chimica per valutare la concentrazione residua dell'inquinante.

Prove in colonna

Al fine di valutare il comportamento reattivo e idraulico a lungo termine del mezzo reattivo, sono state effettuate le prove in colonna. Sono state utilizzate colonne in plexiglas™ dal diametro interno

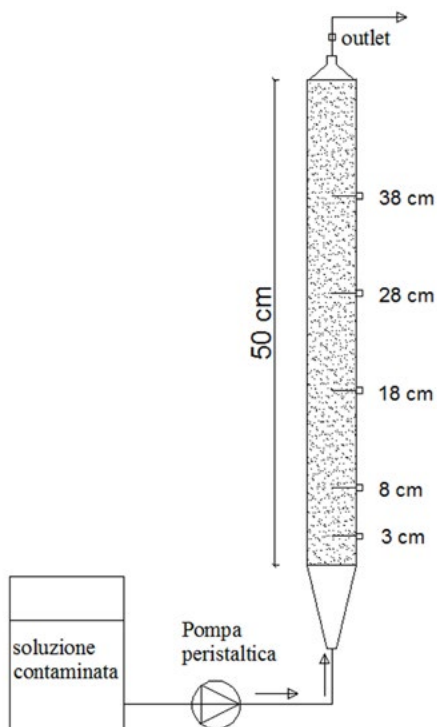


Figura 2. Schema dell'apparecchiatura per prove di interazione in colonna.

di 5 cm e altezza di 50 cm (fig. 2). Le colonne sono state riempite compattando per strati una miscela granulare di Fe^0 /lapillo a rapporto ponderale 30:70. All'interno della colonna è stata fatta fluire, attraverso una pompa peristaltica (Watson Marlow 205S) e con flusso dal basso verso l'alto pari a 0,5 mL/min, una soluzione contaminata di nichel o zinco a concentrazione iniziale di 10 e 50 mg/L rispettivamente. Lungo l'altezza della colonna sono presenti delle porte di campionamento poste a distanza pari a 3, 8, 18, 28, 38 e 50 cm dalla base della colonna. Attraverso degli aghi cannula, posti all'interno delle porte di campionamento, è stato effettuato il prelievo della soluzione contaminata sottoposto successivamente ad analisi quantitativa. Al fine di valutare il comportamento idraulico del mezzo reattivo sono state condotte prove di permeabilità a carico costante o a carico variabile.

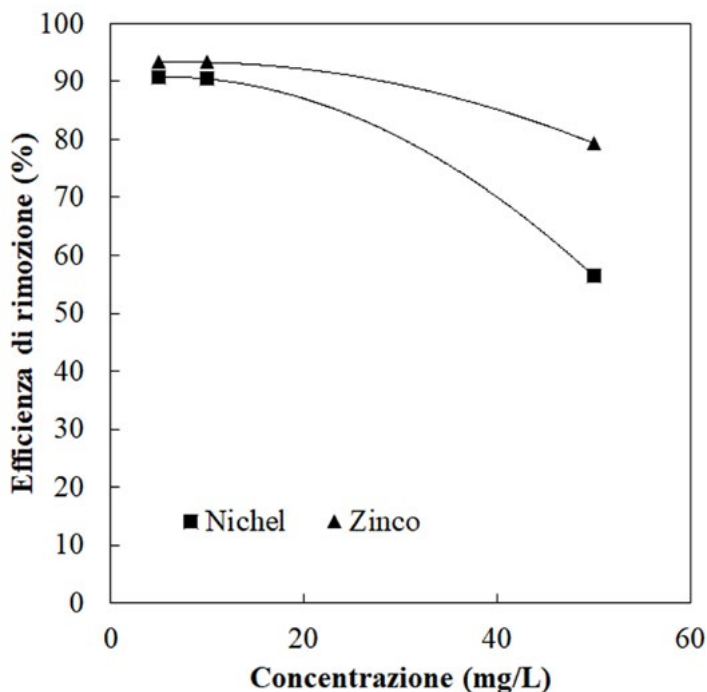


Figura 3. Andamento dell'efficienza di rimozione del lapillo (%) in funzione della concentrazione iniziale di nichel o zinco (mg/L).

Risultati delle prove batch

I risultati delle prove batch sono illustrati in Figura 3 in cui si riporta l'efficienza di rimozione del mezzo reattivo in funzione della concentrazione iniziale dell'inquinante per le soluzioni contaminate da nichel o zinco a tre differenti valori di concentrazione (5, 10 e 50 mg/L). Il grafico evidenzia come il lapillo presenti un'efficienza di rimozione a fine prova superiore al 90 % per entrambi i contaminanti partendo da una concentrazione iniziale di 5 o 10 mg/L. Il lapillo evidenzia inoltre un'efficienza di rimozione leggermente maggiore per lo zinco rispetto al nichel, tale differenza cresce all'aumentare della concentrazione iniziale dell'inquinante ed è pari al 79 % per lo zinco e al 56 % per il nichel utilizzando una concentrazione di 50 mg/L.

Risultati delle prove in colonna

Le prove batch consentono di valutare la reattività dei possibili mezzi reattivi ma in condizioni al contorno molto differenti da quelle in sito. Per tale motivo occorre, ai fini del dimensionamento di una BPR¹², effettuare delle prove in colonna di lunga durata in condizioni al contorno, in termini di velocità di filtrazione e concentrazione dei contaminanti, rappresentative di quelle in sito. Nel presente lavoro si illustrano i risultati di due prove in colonna condotte utilizzando due soluzioni mono-contaminate di nichel e zinco a due differenti valori di concentrazione iniziale dell'inquinante e pari a 10 e 50 mg/L rispettivamente. I risultati delle prove sono illustrati in figura 4 per il nichel e in figura 5 per lo zinco. Nei grafici si riporta la concentrazione relativa dell'inquinante (C/C_0) in funzione del tempo (giorni) per diversi spessori del mezzo reattivo. Dalla figura 4 si evince come la concentrazione di nichel in uscita aumenti nel tempo in corrispondenza di spessori pari a 3 e 8 cm, mentre per uno spessore di 18 cm non si osserva alcun esaurimento del mezzo reattivo che mantiene la sua reattività per tutta la durata della prova (502 giorni). Per lo zinco (fig. 5) osserviamo un comportamento simile con la differenza che è necessario un maggior tempo di contatto con il mezzo reattivo (tempo di residenza cui corrispondono spessori maggiori) per rimuovere l'inquinante. Questo comportamento è legato probabilmente alla maggiore concentrazione iniziale.

Per ciascuna prova in colonna è stata calcolata a fine prova la massa specifica rimossa (mg/cm) in un determinato settore della colonna. Quest'ultima grandezza è data dal rapporto tra la massa rimossa cumulata di contaminante in una specifica "sezione" (porzione di mezzo reattivo compreso tra due successive porte di campionamento) e lo spessore "d" della stessa. Le sezioni considerate sono da 0 a 3 cm (d=3 cm), da 3 a 8 cm (d=5 cm), da 8 a 18 cm (d=10 cm), da 18 a 28 cm (d=10 cm), da 28 a 38 cm (d=10 cm) e da 38 a 50 cm (d=12 cm). Nel caso del nichel (fig. 6) e dello zinco (fig. 7) la massa di contaminante rimossa si concentra principalmente nei primi 3 cm di spessore del mezzo reattivo dove si concentrano principalmente le reazioni di rimozione da parte del mezzo reattivo e quindi le reazioni di corrosione del ferro. Infatti, la rimozione dei due metalli pesanti è per lo più attribuita ai fenomeni di adsorbimento dei metalli all'interno dei prodotti di corrosione del ferro o ai fenomeni di coprecipitazione (precipitazione dei metalli insieme ai prodotti di corrosione del ferro). A fine prova è stata osservata una riduzione della conducibilità idraulica di circa due e tre ordini di grandezza usando la soluzione di zinco e nichel rispettivamente, pertanto, ai fini della progettazione di una BPR, è importante che tale valore sia compatibile con la permeabilità del terreno costituente l'acquifero affinché sia garantito il deflusso della falda attraverso la barriera.

12. MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2017.

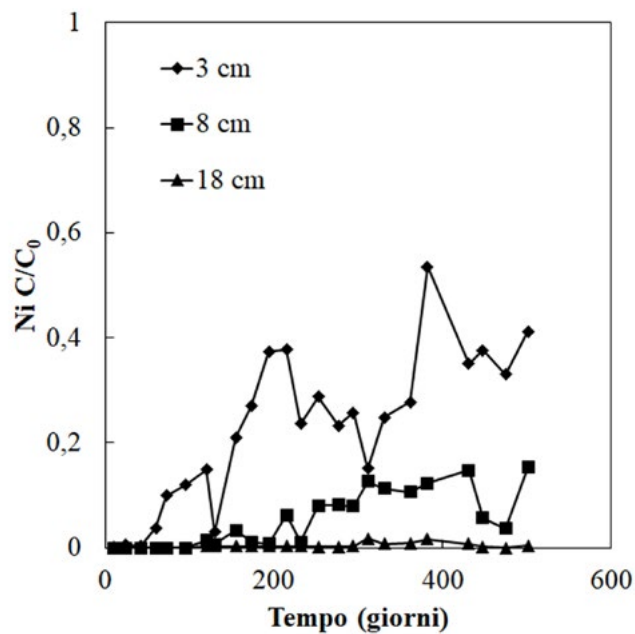


Figura 4. Andamento della concentrazione relativa (C/C_0) di nichel nel tempo (giorni).

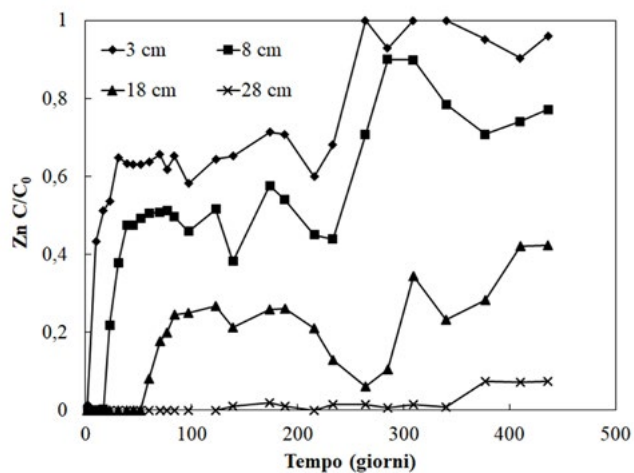


Figura 5. Andamento della concentrazione relativa (C/C_0) di zinco nel tempo (giorni).

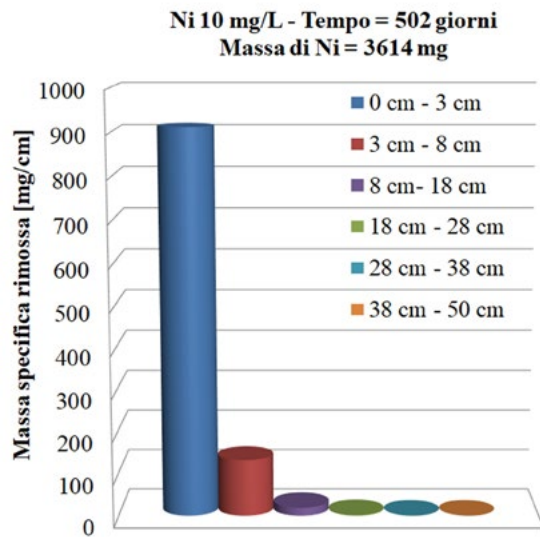


Figura 6. Massa specifica rimossa in diverse sezioni del mezzo reattivo per la colonna permeata da nichel.

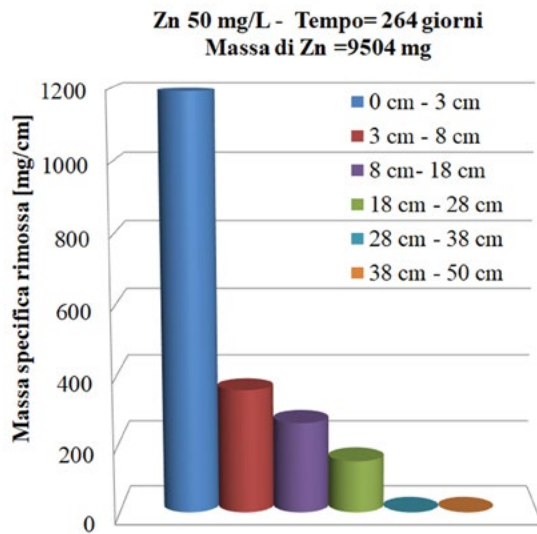


Figura 7. Massa specifica rimossa in diverse sezioni del mezzo reattivo per la colonna permeata da zinco.

Bibliografia

- BILARDI, CALABRÒ, MORACI 2015 - S. BILARDI, P.S. CALABRÒ, N. MORACI, *Simultaneous removal of CuII, NiII and ZnII by a granular mixture of zero-valent iron and pumice in column systems*, in «Desalination and Water Treatment», 2015, 55/3, pp. 767-776.
- FAISAL, SULAYMON, KHALIEFA 2017 - A.A.H. FAISAL, A.H. SULAYMON, Q.M. KHALIEFA, *A review of permeable reactive barrier as passive sustainable technology for groundwater remediation*, in «International Journal of Environmental Science and Technology», 2017, 15/5, pp. 1123-1138.
- FU, DIONYSIOU, LIU 2014 - F.L. FU, D.D. DIONYSIOU, H. LIU, *The use of zero-valent iron for groundwater remediation and wastewater treatment: A review*, in «Journal of Hazardous Materials», 2014, 267, pp. 194-205.
- HASHIM ET ALII 2011 - M.A. HASHIM ET ALII, *Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater*, in «Journal of Environmental Management», 2011, 92/10, pp. 2355-2388.
- HENDERSON, DEMOND 2007 - A.D. HENDERSON, A.H. DEMOND, *Long-term performance of zerovalent iron permeable reactive barriers: a critical review*, in «Environmental Engineering Science», 2007, 24/4, pp. 401-423.
- KOMNITSAS ET ALII 2007 - K. KOMNITSAS ET ALII, *Long-term efficiency and kinetic evaluation of ZVI barriers used for clean up of copper containing solutions*, in «Minerals Engineering» 2007, 20/13, pp. 1200-1209.
- MADAFFARI ET ALII 2017 - M.G. MADAFFARI, S. BILARDI, P.S. CALABRÒ, N. MORACI, *Nickel removal by zero valent iron/lapillus mixtures in column systems*, in «Soils and Foundations», 2017, 57/5, pp. 745-759.
- MORACI, CALABRÒ, SURACI 2011 - N. MORACI, P.S. CALABRÒ, P. SURACI, *Long-Term Efficiency of Zero-Valent Iron - Pumice granular mixtures for the removal of copper or nickel from groundwater*, in «Soils and Rocks», 2011, 34/2, pp. 129-137.
- MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2015 - N. MORACI, S. BILARDI, P.S. CALABRÒ, *Design of permeable reactive barriers for remediation of groundwater contaminated by heavy metals*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2015, 49/2, pp. 59-86.
- MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2016 - N. MORACI, S. BILARDI, P.S. CALABRÒ, *Critical aspects related to Fe0 and Fe0/pumice PRB design*, in «Environmental Geotechnics», 2016, 3, pp. 114-124.
- MORACI, BILARDI, CALABRÒ 2017 - N. MORACI, S. BILARDI, P.S. CALABRÒ, *Fe0/pumice mixtures: from laboratory tests to permeable reactive barrier design*, in «Environmental Geotechnics», 2017, 4, pp. 245-256.
- OBIRI-NYARKO, GRAJALES-MESA, MALINA 2014 - F. OBIRI-NYARKO, S.J. GRAJALES-MESA, G. MALINA, *An overview of permeable reactive barriers for in situ sustainable groundwater remediation*, in «Chemosphere», 2014, 11, pp. 243-259.
- PANAGOS ET ALII 2013 - P. PANAGOS ET ALII, *Contaminated sites in Europe: review of the current situation based on data collected through a European Network*, in «Journal of Environmental and Public Health», 2013, pp. 1-11.
- WILKIN ET ALII 2014 - R.T. WILKIN ET ALII, *Fifteen-year assessment of a Permeable Reactive Barrier for treatment of chromate and trichloroethylene in groundwater*, in «Science of the Total Environment», 2014, 468-469, pp. 186-194.

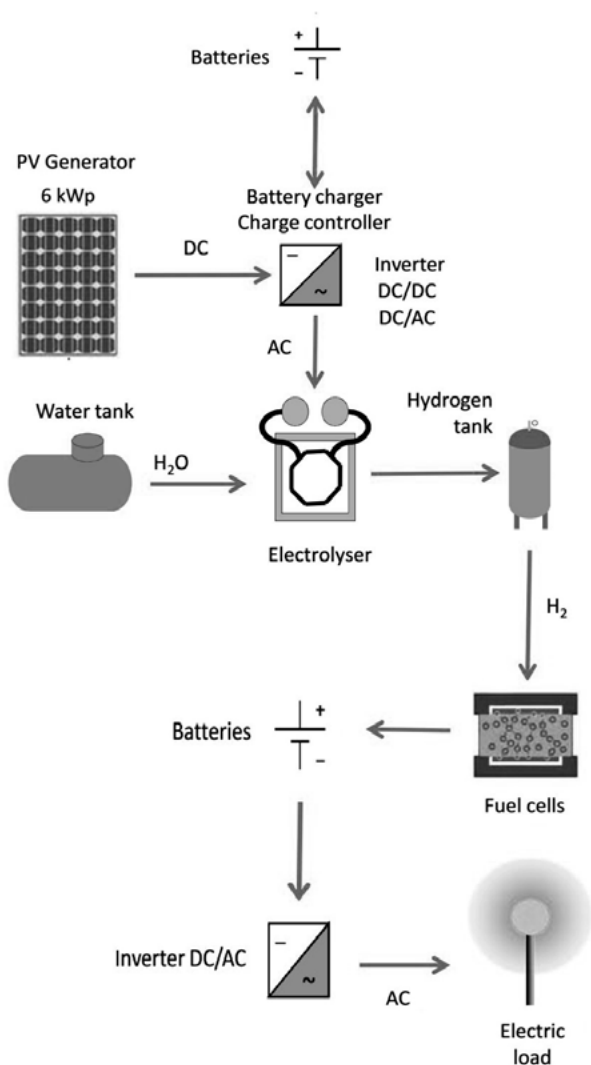
LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA



Un caso studio di impianto per la riqualificazione sostenibile degli edifici basato sullo stoccaggio e sulla riconversione dell'idrogeno prodotto usando l'energia solare

Rosario Carbone, Concettina Marino, Antonino Nucara,
Maria Francesca Panzera, Matilde Pietrafesa
rosario.carbone@unirc.it, concettina.marino@unirc.it, antonino.nucara@unirc.it, francesca.panzera@unirc.it, matilde.pietrafesa@unirc.it

Nell'odierno processo di decarbonizzazione e transizione verso un'economia verde basata sulla produzione di energia distribuita e sostenibile, l'idrogeno è considerato il vettore energetico più promettente, grazie alle sue molteplici proprietà: è pulito, versatile e ha un'alta efficienza di combustione. In particolare, l'energia rinnovabile potrebbe essere utilizzata come fonte primaria per la produzione di idrogeno vicino al punto di utilizzo finale, sfruttando appieno il potenziale energetico locale. Tuttavia, l'attuale costo della sua tecnologia richiede ancora ulteriori ricerche e sviluppi, necessari per ottenere la sua rapida ed efficace penetrazione nel mercato. Inoltre, al momento le infrastrutture di stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno, fondamentali per renderlo utilizzabile e competitive, sono ancora lacunose. In questo scenario, il lavoro analizza un sistema fotovoltaico (PV), dotato di sottosistemi di stoccaggio e riconversione dell'idrogeno. L'impianto tecnologico è pensato per essere facilmente integrato negli edifici per una loro riqualificazione sostenibile; in questa fase, il caso di studio testato era finalizzato alla alimentazione di una parte delle utenze elettriche dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria. In breve, a partire dalla generazione fotovoltaica di elettricità, l'idrogeno viene ottenuto attraverso la produzione elettrolitica, immagazzinato e poi riconvertito in elettricità utilizzando le celle a combustibile. Lo studio è chiaramente in linea con i principali Obiettivi dell'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR184



A Case-Study Plant for a Sustainable Redevelopment of Buildings Based on Storage and Reconversion of Hydrogen Generated by Using Solar Energy

Rosario Carbone, Concettina Marino, Antonino Nucara, Maria Francesca Panzera, Matilde Pietrafesa

A new sustainable energy paradigm should be established in the next future to fully realize the decarbonization process. It should be based on *RES* distributed micro-generation¹, smart grids², electric mobility³, storage and hydrogen.

Buildings and their construction sectors, in particular, are globally responsible of 36% of global final energy consumption, corresponding to nearly 40% of CO₂ emissions⁴. This can be easily linked to the population growth and to the changes in the society, making people work more and spend more time indoors⁵. In this frame, redevelopment of buildings by introducing technological plants based on *RES* distributed micro-generation could be very effective.

RES electricity production, characterized by variable and unpredictable over time availability, can efficiently satisfy loads coupled with storage systems. They are based on different techniques⁶:

1. HVELPLUND 2006; OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION (OJEU) 2009; GONÇALVES DA SILVA 2010; LUND 2010; MALARA *ET ALII* 2016; FOLEY, OLABI 2017; KYRIAKOPOULOS *ET ALII* 2018; NARAYANAN *ET ALII* in press.

2. GELAZASKAS, GAMAGE 2014; SIANO 2014.

3. BRIGGS *ET ALII* 2016; GATTUSO *ET ALII* 2016; SINIGAGLIA *ET ALII* 2017.

4. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) 2019.

5. CAO *ET ALII* 2016.

6. KRAJACIC *ET ALII* 2012; FOLEY, LOBERA 2013; LOPEZ-SABIRON *ET ALII* 2014.

mechanical, electric, chemical, thermal and biological, although the most widespread and versatile systems are at the moment batteries⁷.

One of the most environmentally sustainable methods to accumulate renewable energy is its use as a primary source for electrolytic hydrogen production⁸, subsequently reconverted in electricity in fuel cells⁹; production can take place both in large plants or in small generation units close to the final use point (buildings)¹⁰. Hydrogen production and reversion process is the only generating no carbon dioxide emissions, being its only byproducts water and heat¹¹.

Due to its environmental sustainability and energetic performances (it is clean, versatile and has a high combustion efficiency), interest for hydrogen use as energy carrier is today increasing¹². It can address multiple power sectors and applications across stationary¹³, transportation¹⁴ and portable; it can provide energy at all scales, ranging from micro-power sources for small devices to multi-MW power plants¹⁵.

In the paper a low-power (6 kWp) PV system providing electrical energy for the lighting of a University parking is presented, together with its energetic behavior. The storage of the generated electrical energy is basically achieved through production and accumulation of electrolytic hydrogen, reconverted into electricity, when needed, by using fuel cells.

7. CARBONE 2015.

8. KNUT 1998; AGBOSSOU *ET ALII* 2004.

9. HOFFMANN 2001; KELLY 2014; MARINO *ET ALII* 2015.

10. SANTARELLI, MACAGNO 2004; AVRIL *ET ALII* 2010; DINCER, ROSEN 2011; MARINO *ET ALII* 2012; CHAUBEY *ET ALII* 2013; MARINO *ET ALII* 2013; MARINO *ET ALII* 2015; WON *ET ALII* 2017.

11. GOEL *ET ALII* 2003; KREITH, WEST 2004; HOSSEINI, WAHID 2016; DA SILVA VERAS *ET ALII* 2017; CARROQUINO *ET ALII* 2018; LORESTANI, ARDEHALI 2018.

12. AFGAN, CARVALHO 2004; MOMIRLANA, VEZIROGLU 2005; BARBIR 2009; BOCKRIS 2013; MARCHENKO, SOLOMIN 2015; BALL, WEEDA 2015; NIKOLAIDIS, POULLIKKAS 2017; CAO *ET ALII* 2018.

13. MORENO-BENITO *ET ALII* 2017.

14. DEMIR 2018.

15. YILANCI *ET ALII* 2008; SUNITA SHARMA, KRISHNA 2015; ARSALIS *ET ALII* 2018.

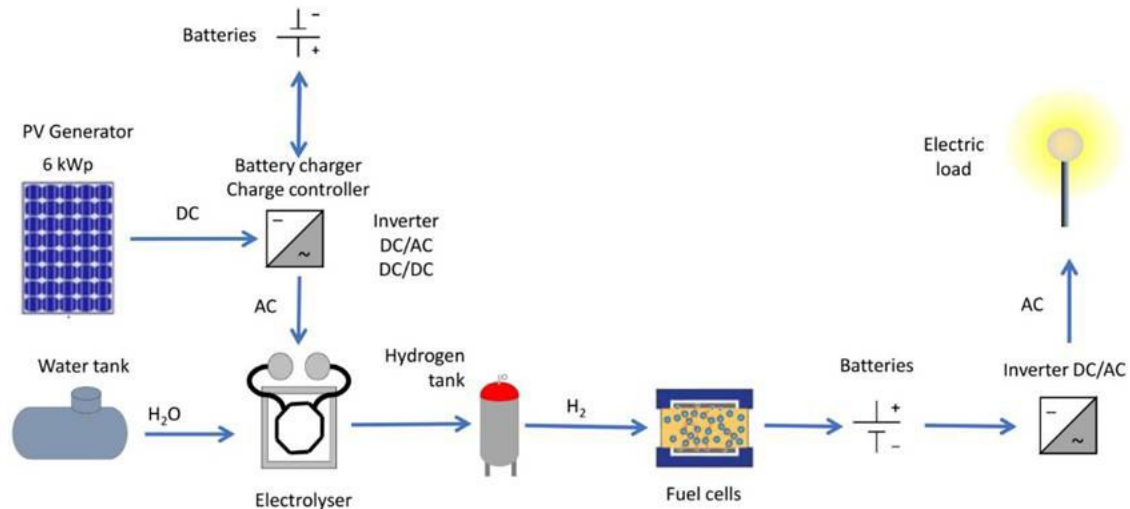


Figure 1. Scheme of the PV plant with hydrogen generation, storage and reversion (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

Structure of the Technological Plant

The case-study plant (fig. 1) essentially consists of: a RES section, based on PV panels and an hybrid inverter equipped with a first-level battery pack, a hydrogen production section, containing an electrolyzer, a water tank and a tank for the gas storage, a power section, based on a fuel cell, coupled to a second-level battery pack and an inverter specifically devoted to the feeding of the load, and a control section, with a Programmable Logic Controller (PLC) for monitoring process execution.

The system operation is as follows: during the day, the electrical power produced by PV panels is converted into alternating current by the three-phase inverter for supplying the electrolyzer generating hydrogen. The surplus PV power is managed by the same hybrid inverter for charging the first-level battery. A fuel cell converts hydrogen into electrical energy when it is needed, sending it to a second-level battery pack, after which a second inverter supplies the AC load, also in absence of solar radiation.

Maximum power	360 W _p
Efficiency (η)	22,1%
Temperature coefficient (β)	-0.29%/°C
NOCT	41,5°C

Left, table 1. Characteristics of PV panels; bottom, table 2. Characteristics of the hybrid inverter.

Nominal power	6000 VA	Max power of charge/discharge	6000 W
DCinput	720 VDC 11 A	Efficiency	97.6%
ACoutput	400 VAC 50 Hz9 A		

PV Generator

The 6kWp PV generator consists of monocrystalline silicon panels, the technical characteristics of which are shown in Table 1. It is formed by 2 strings connected in parallel, each consisting of 9 panels in series, with 15° lying, S-SE (160°N) facing.

Three-Phase Hybrid Inverter

Between the PV panels and the load there is a single device that includes a DC/DC converter (with charge regulator function for the first-level battery pack), double Maximum Power Point Tracker (MPPT) and a three-phase DC/AC inverter. DC required for electrolyzer operation is supplied by a dedicated controlled rectifier. The characteristics of the inverter are reported in Table 2; it supplies with priority the electrolyzer and subsequently other loads.

First-Level Battery Pack

Downstream the inverter a 240 V pack of 5 lithium batteries with 12 kWh total capacity is present to accumulate energy generated by PV generator. Each battery has a nominal voltage of 48 V and a nominal capacity of 50 Ah. They have reduced self-discharge and maintain charge up to 6 months, with no memory effect.

Stack capacity	2 Nm ³ /h
Amount of demineralized water	1.9 l/h
Electric power	2 -10 kW
Conversion efficiency	60%
Operating pressure	20 bar
Operating temperature	80 °C
Purity of stored hydrogen	99,99 %
Supplying Voltage	400 VAC, 50 Hz

Table 3. Technical characteristics of the electrolyzer.

Demineralizer

The electrolyzer needs demineralized water with the characteristics shown in Table 3; it is contained in a water tank for its reintegration.

Electrolyzer

Starting from demineralized water and PV energy, the electrolyzer produces hydrogen which is compressed and stored in the tank before being sent to the fuel cell. Its main characteristics are reported in Table 3.

Separation Tanks

Hydrogen and oxygen generated in the cell come out in a two-phase composition (liquid and gas) mixed with KOH particles, and enter into separation tanks where the gaseous phases separate from the liquid ones, which deposit on the bottom of the tank and return into the electrolyzer. Potassium hydroxide is entirely reused, while water must be reintegrated.

Gas Purifier

Before being released the two gases are purified by filters. Hydrogen is purified in a dedicated section by filters for KOH and oxygen removing and water absorption.

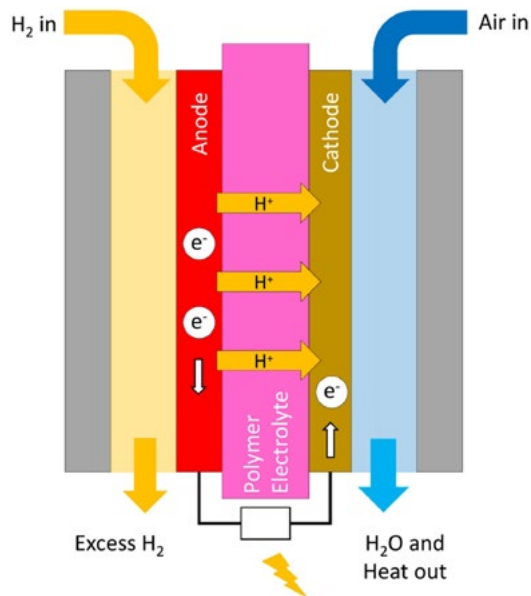


Figure 2. Scheme of a Fuel cell (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

Water Refrigerating Chiller

The excess heat released during the process is removed by a water-cooling circuit which exchanges heat with the electrolyte that is recirculated. Its cooling power is 7.5 kW.

Storing Tank

Hydrogen is stored in a tank with a capacity of 0.7 m³ at a maximum pressure of 30 bar, protected from direct solar radiation and placed in a dry, cool and ventilated environment.

Fuel Cell

Fuel cell transforms chemical energy into electrical energy in direct current. A fuel (typically hydrogen) and an oxidant (oxygen or air) enter the cell, from which direct current, water and heat

Delivered power	1'676 W	Storing temperature	-30 - 40 °C
Output voltage	47 ÷ 57 Vdc	Environment temperature	- 45 - 70 °C
Maximum H ₂ consumption	1.37 Nm ³ /h	Cabinet temperature	0 - 60 °C
Efficiency	40%	H ₂ pressure	0.43 bar
Input current for auxiliaries	220/50 VAC/Hz	H ₂ purity	99.95 %

Table 4. Characteristics of the fuel cell.

Nominal power	3000 VA	Max power of charge/discharge	900 W
DC input	48 VDC 50 A	Efficiency	98%
ACoutput	230 VAC 50 Hz13 A		

Table 5. Characteristics of the fuel cell inverter.

are obtained. Inside the cell there are two electrodes (anode and cathode), respectively lapped by the fuel and the oxidizer, separated by an electrolyte for the conduction of the ions produced by a reaction and consumed by the other, closing the electric circuit. The effluent is pure water, free of polluting substances.

A scheme of the process is reported in Figure 2.

The most suitable cells for our case are the Proton Exchange Membranes (PEMs) which main characteristics are shown in Table 4.

Second-Level Battery Pack

At the exit from the fuel cell there is a 48 V battery pack for energy accumulation: each battery has a nominal voltage of 12 V and a nominal capacity of 92 Ah.

Fuel Cell Inverter

The fuel cell inverter is used both for supplying the AC load and for regulating charge of the second-level battery; its characteristics are reported in Table 5.

Control System

A Programmable Logic Controller (PLC) monitors and controls all process parameters in order to guarantee its correct execution, as well as to ensure the safety of the system. In case of failures, it emits alarms and stops the gas production.

Starting Operation

In order to work in safety conditions and prevent explosions, the plant is inertized both at its turning on and off through nitrogen injection, at a pressure of 7-25 bar; this operation eliminates oxygen in the starting phase and hydrogen in the stopping one, depressurizing the system.

Analysis of the System Functioning

The energetic analyses were conducted starting from the values of the maximum power delivered by the fuel cell and the input power to the electrolyzer, for determining the optimal system configuration to fulfil the load.

A necessary condition for the system to function properly is to achieve a positive annual balance between hydrogen production and consumption: the storage system must therefore have the capacity to meet periods of low production, such as winter. Furthermore, the PV generator and the tank must be adequately sized so as not to have PV production surplus that cannot be converted into hydrogen due to tank capacity limits (0.75 m³) or stored in the batteries.

The global efficiency of the process is:

$$\varepsilon = \varepsilon_{EL} \times \varepsilon_{FC} = 0.6 \times 0.4 = 0.24$$

where:

ε_{EL} electrolyzer efficiency

ε_{FC} fuel cell efficiency.

The energetic analysis and that of hydrogen production have been carried out on an hourly basis using the HOMER simulation and optimization model (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources), a dynamic software developed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA, for the evaluation of technologies and plant types with thermal and electrical generation.

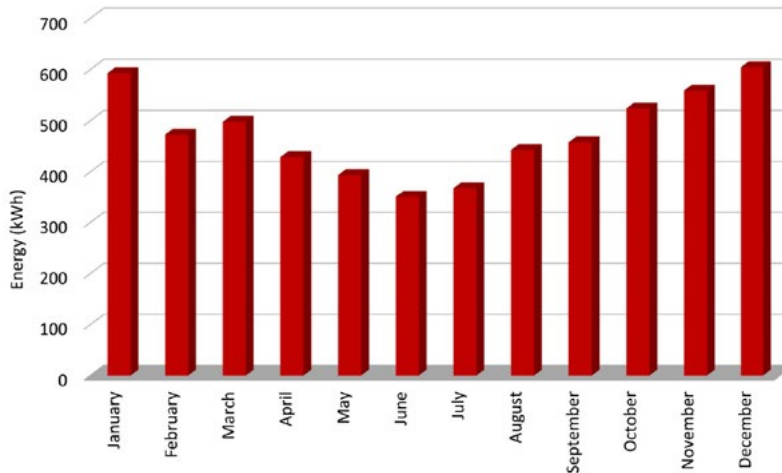


Figure 3. Monthly trend in load electricity consumption (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

Electrical Load

First step was the assessment of the hourly electrical load of headlights for the lighting of the parking areas of Engineering Departments. Operating in the evening, the load is powered only by the fuel cell.

Considering the maximum power deliverable by the fuel cell (1'676 W) and taking into account power losses, the maximum load that can be supplied by the cell is 1'300 W. Attention has been focused on 52 lamps of 25 W each, for a total power of 1'300 W and an annual consumption of 5'694 kWh. The monthly consumption trend is shown in Figure 3.

Climatic Data

Hourly values of the global solar radiation incident on a horizontal surface, registered by a pyranometer installed next to the system, were used. Hourly air temperature data have been registered by a flanked meteorological station. The analyzed reference period is the year 2017.

Figure 4 shows the monthly maximum and average values of solar radiation on the horizontal in the year, while in Figure 5 the monthly average daily trends in the months of maximum and minimum irradiation (June and December 2017) are shown.

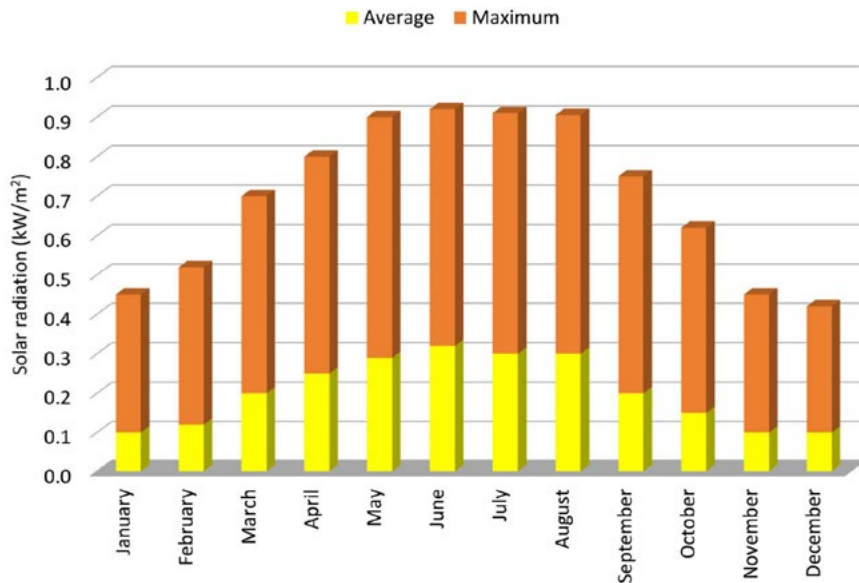


Figure 4. Monthly maximum and average values of daily solar radiation on the horizontal (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

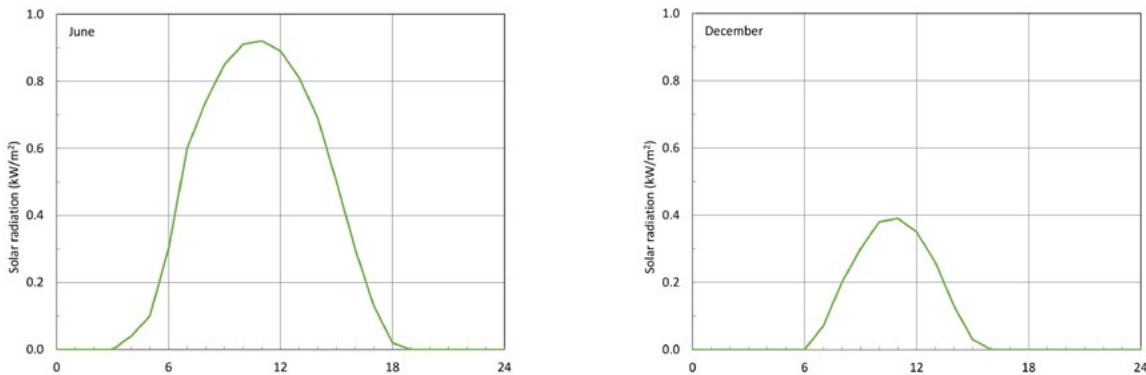


Figure 5. Average hourly solar radiation profile in June and December 2017 (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

PV System

Figures 6 and 7 respectively show the monthly mean values of the daily power and the monthly energy production of the plant. The yearly energy production is 10.244 kWh: it is partly sent to the electrolyzer and partly stored in batteries.

Hydrogen Production and Efficiency

Hourly hydrogen production, at pressure $p = 1,01325$ bar and temperature $T = 0$ °C, with reference to the maximum hourly energy entering the electrolyzer ($E_{max} = 10$ kWh) is:

$$V_{H_2}^{max} = 2 \text{ Nm}^3$$

$$m_{H_2}^{max} = V_{H_2}^{max} \times \rho_{H_2}$$

where ρ_{H_2} is hydrogen density ; ($0,0899 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3}$); it follows:

$$m_{H_2}^{max} = 2 \text{ Nm}^3 \times 0,0899 \text{ kg/Nm}^3 = 0.18 \text{ kg}.$$

Electrolyzer efficiency is given by:

$$\varepsilon_{EL} = \frac{pci_{H_2}}{\text{electrolyserconsumption}}$$

where pci_{H_2} is hydrogen lower calorific value ($3 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}$) whereas electrolyzer consumption is $\frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}$.

Consequently:

$$\varepsilon_{EL} = \frac{3 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}}{5 \frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3}} = 0.6$$

During the year the electrolyzer produces about 341 kg of hydrogen.

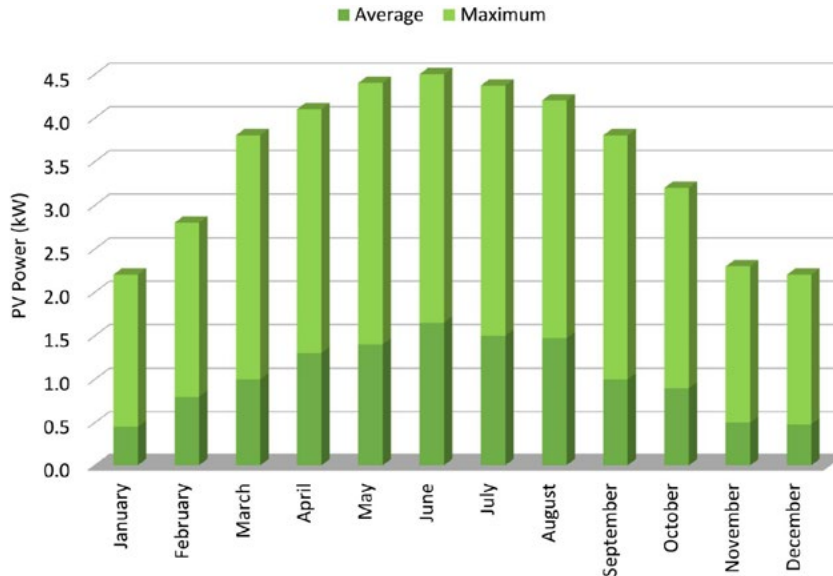


Figure 6. Maximum and average daily power production on a monthly base (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

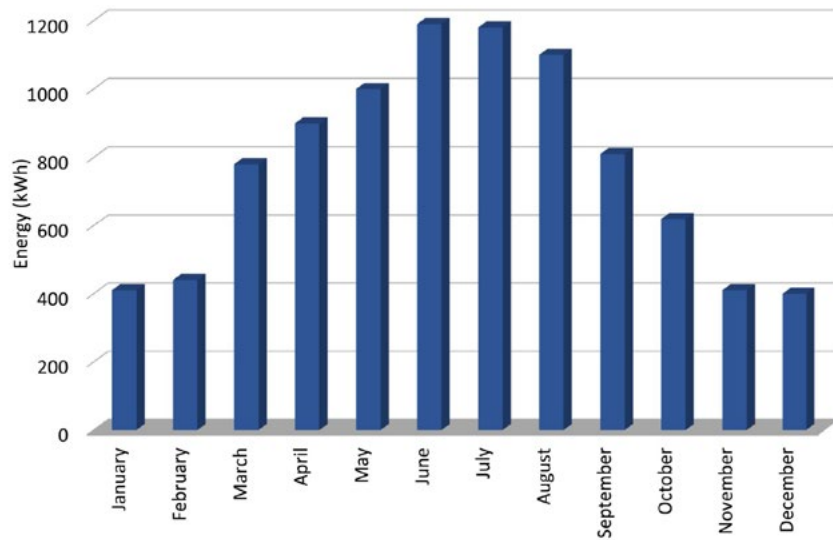


Figure 7. Energy production of the plant on a monthly base (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

Stored Hydrogen and Tank Capacity

Stored hydrogen volume A_{H_2} is given by:

$$A_{H_2}^{t+1} = A_{H_2}^t + V_{H_2}^t$$

wherein the volume $V_{H_2}^t$ is positive in the production phase and negative in the consumption one. The capacity of the tank is dimensioned in relation to the maximum storage during the year A_{max} :

$$V_s = \frac{A_{max} \times \rho_{H_2} \times R \times T}{p \times PM_{H_2}}$$

where:

A_{max} is hydrogen maximum storage during the year

ρ_{H_2} is hydrogen density

R is gas constant

T is the temperature

p is hydrogen maximum pressure in the tank

PM_{H_2} is hydrogen molecular weight

Being the maximum annual storage $A_{max} = 30$ kg, the capacity of the tank, at maximum pressure 250 bar (compression absorbs about 2% of the gas energy content) is 1.02 m³; for a tank volume 0.75 m³ it is necessary to use 2 tanks.

Hydrogen Consumption and Fuel Cell Production

Hydrogen volume consumed by the fuel cell is given by:

$$V_{H_2}^t = \frac{E_{FC}}{\varepsilon_{FC} \times pci_{H_2}}$$

where:

E_{FC} energy delivered by the fuel cell

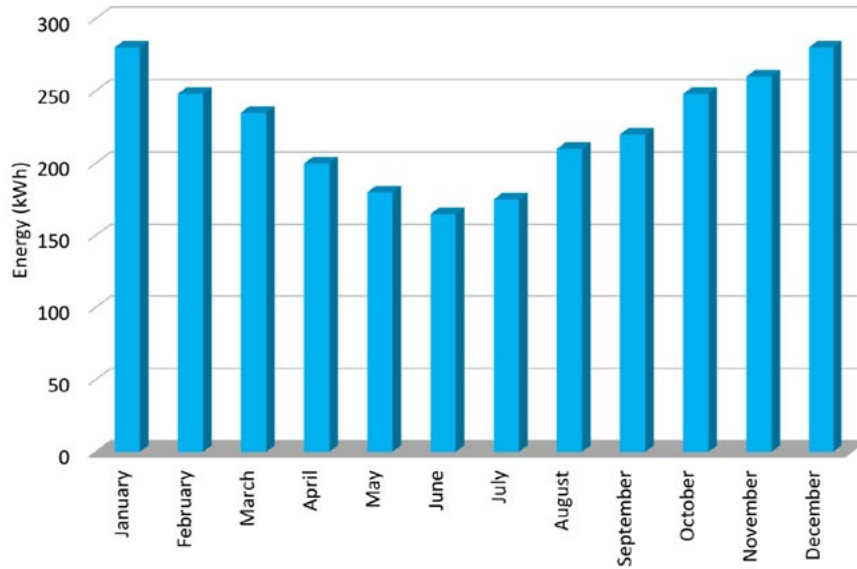


Figure 8. Fuel cell energy production (the figure was produced on its own by the Authors expressly for the submitted work R. Carbone, C. Marino, A. Nucara, M.F. Panzera, M. Pietrafesa).

ε_{FC} efficiency of the fuel cell
 PCI_{H_2} hydrogen calorific value ($3 \text{ kWh}/Nm^3$).

During the year the fuel cell consumes 119 kg of hydrogen whereas the electrolyzer produces 125 kg: consequently the difference between annual production and consumption is 6 kg. The energy monthly produced is shown in Figure 8.

Summary Results

Table 6 shows the values of production and consumption of both energy and hydrogen in the various components.

Yearly electric energy (kWh)		Yearly hydrogen mass (kg/year)	
PV energy production	10.244	Produced	125
Electrolyzer input energy	5.388	Consumed	119
Fuel cell production	2.445	Stored	6
Load consumption	4.964		

Table 6. Production and consumption of energy and hydrogen in the various components.

Economic Considerations

With an initial investment of € 100'000 for the entire system, the energy production cost is 0.80 €/kWh: high figure compared to the value of 0.22 €/kWh of energy withdrawal from the national electric grid; in order to become competitive the system should cost about ¼ of present value.

Economic convenience increases using PV production redundancies; also thermal energy produced by some components of the system (electrolyzer and fuel cell), currently not used, could be exploited. In this case, the annual cost of electricity production will be reduced by that required to meet the electrical and thermal loads.

Conclusions

An application of hydrogen technologies for the sustainable redevelopment of buildings has been presented and discussed. The paper analyses a photovoltaic (PV) system, equipped with hydrogen production, storage and reconversion subsystems; the sizing procedure of its components chain has been evidenced with detail.

The main critical aspects of electrolytic hydrogen production and reconversion in fuel cells consist in the low global efficiency of the process (24 %) and in the big hydrogen volumes necessary to satisfy the demand. Moreover, the cost of the energy unit stored in hydrogen presently is greater than the unitary one produced by PV or wind systems or taken from the grid.

Consequently, although mature, from an economic point of view, hydrogen technology currently is non-competitive and in order to have acceptable pay back times the system investment cost should be reduced to about 1/4 of the current value or incentivizing policies should be introduced for attributing to hydrogen production fares able to cover major costs of its technology.

Hoping also for a rapid evolution of its transport and storage techniques, hydrogen technologies might be widely adopted in public buildings for respecting UE standards concerning the nZEBs.

Bibliography

AFGAN, CARVALHO 2004 - N.H. AFGAN, M.G. CARVALHO, *Sustainability assessment of hydrogen energy systems*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2004, 29, Issue 13, pp. 1327-1342, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2004.01.005> (accessed 15 March 2019).

AGBOSSOU ET ALII 2004 - K. AGBOSSOU ET ALII, *Electrolytic hydrogen based renewable energy system with oxygen recovery and re-utilization*, in «Renewable Energy», 2004, 29, Issue 8, pp. 1305-1318, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2003.12.006> (accessed 25 October 2019).

ARSALIS, ALEXANDROU, GEORGHIOU 2018 - A. ARSALIS, A.N. ALEXANDROU, G.E. GEORGHIOU, *Thermoeconomic modelling of a completely autonomous, zero-emission photovoltaic system with hydrogen storage for residential applications*, in «Renewable Energy», 2018, 126, pp. 354-369, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.060> (accessed 7 April 2019).

AVRIL ET ALII 2010 - S. AVRIL ET ALII, *Multi-objective optimization of batteries and hydrogen storage technologies for remote photovoltaic systems*, in «Energy», 2010, 35, Issue 12, pp. 5300-5308, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.033> (accessed 9 October 2019).

BALL, WEEDA 2015 - M. BALL, M. WEEDA, *The hydrogen economy. Vision or reality?*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2015, 40, Issue 25, pp. 7903-7919, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.032> (accessed 18 March 2019).

BARBIR 2009 - F. BARBIR, *Transition to renewable energy systems with hydrogen as an energy carrier*, in «Energy» 2009, 34, pp. 308-312, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.07.007> (accessed 18 March 2019).

BOCKRIS 2013 - J.O.M. BOCKRIS, *The hydrogen economy: Its history*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2013, 38, pp. 2579-2588, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.12.026> (accessed 18 March 2019).

BRIGGS ET ALII 2016 - I. BRIGGS ET ALII, *Sustainable non-automotive vehicles: The simulation challenges*, in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», 2016, 68, Part 2, pp. 840-851, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.018> (accessed 13 March 2019).

CAO, DAI, LIU 2016 - X. CAO, X. DAI, J. LIU, *Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade*, in «Energy and Buildings», 2016, 128, pp. 198-213, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089> (accessed 21 April 2019).

CAO ET ALII 2018 - F. CAO ET ALII, *Development of the direct solar photocatalytic water splitting system for hydrogen production in Northwest China: Design and evaluation of photoreactor*, in «Renewable Energy», 2018, 121, pp. 153-163, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.016> (accessed 7 April 2019).

CARBONE 2015 - R. CARBONE, *PV Plants with Distributed MPPT founded on Batteries*, in «Solar Energy», 2015, 122, pp. 910-923.

CARROQUINO ET ALII 2018 - J. CARROQUINO ET ALII, *Combined production of electricity and hydrogen from solar energy and its use in the wine sector*, in «Renewable Energy», 2018, 122, pp. 251-263, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.106> (accessed 15 March 2019).

CHAUBEY ET ALII 2013 - R. CHAUBEY ET ALII, *A review on development of industrial processes and emerging techniques for production of hydrogen from renewable and sustainable sources*, in «Renewable and sustainable energy reviews», 2013, 23, pp. 443-462, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.019> (accessed 12 September 2019).

- DA SILVA VERAS *ET ALII* 2017 - T. DA SILVA VERAS *ET ALII*, *Hydrogen: Trends, production and characterization of the main process worldwide*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2017, 42, pp. 2018-2033, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.08.219> (accessed 21 February 2019).
- DEMIR, DINCERA 2018 - M.E. DEMIR, I. DINCERA, *Cost assessment and evaluation of various hydrogen delivery scenarios*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2018, 43, pp. 10420-10430, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.002> (accessed 7 April 2019).
- DINCER, ROSEN 2011 - I. DINCER, M.A. ROSEN, *Sustainability aspects of hydrogen and fuel cell systems*, in «Energy for sustainable development», 2011, 15, pp. 137-146, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.03.006> (accessed 9 September 2019).
- FOLEY, LOBERA 2013 - A. FOLEY, D. LOBERA, *Impacts of compressed air energy storage plant on an electricity market with a large renewable energy portfolio*, in «Energy», 2013, 57, pp. 85-94, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.031> (accessed 25 May 2019).
- FOLEY, OLABI 2017 - A. FOLEY, A.G. OLABI, *Renewable energy technology developments, trends and policy implications that can underpin the drive for global climate change*, in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», 2017, 68, Part 2, pp. 1112-1114, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.065> (accessed 13 March 2019).
- GATTUSO *ET ALII* 2016 - D. GATTUSO *ET ALII*, *Sustainable Mobility: Environmental and Economic Analysis of a Cable Railway, Powered by Photovoltaic System*, in «International Journal of Heat and Technology», 2016, 34/1, pp. 7-14, <https://doi.org/10.18280/ijht.340102> (accessed 1 May 2019).
- GELAZASKAS, GAMAGE 2014 - L. GELAZASKAS, K.A.A. GAMAGE, *Demand side management in smart grid: a review and proposal for future direction*, in «Sustainable Cities and Societies», 2014, 11, pp. 22-30.
- GOEL *ET ALII* 2003 - N. GOEL, D.J. GOSWAMI, S.T. MIRABAL, H.A. INGLEY, *Hydrogen Production*, in «Advances in Solar Energy: An Annual Review of Research and Development», 2003, 15, pp. 411-416.
- GONÇALVES DA SILVA 2010 - C. GONÇALVES DA SILVA, *Renewable energies: choosing the best options*, in «Energy», 2010, 35, pp. 3179-3193, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.03.061> (accessed 13 March 2019).
- HOFFMANN 2001 - P. HOFFMANN, *Tomorrow's Energy: Hydrogen, Fuel Cells and the Prospects for a Cleaner Planet*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 2001, <https://doi.org/10.1017/S1466046602251261> (accessed 13 October 2019).
- HOSSEINI, WAHID 2016 - S.E. HOSSEINI, M.A. WAHID, *Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development*, in «Renewable and sustainable energy reviews», 2016, 57, pp. 850-866, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.112> (accessed 21 February 2019).
- HVELPLUND 2006 - F. HVELPLUND, *Renewable energy and the need for local energy markets*, in «Energy», 2006, 31, pp. 2293-2302, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.016> (accessed 13 March 2019).
- KELLY 2014 - N.A. KELLY, *Hydrogen production by water electrolysis*, in A. BASILE, A. IULIANELLI (eds.), *Advances in Hydrogen production storage and distribution*, Woodhead Publishing, Cambridge 2014, pp. 159-185, <https://doi.org/10.1533/9780857097736.2.159> (accessed 25 October 2019).
- KNUT 1998 - A. KNUT, *Hydrogen production by electrolysis*, in T.O. SAETRE (eds.), *Hydrogen Power: Theoretical and Engineering Solutions*, Proceedings of the HYPOTHESIS II Symposium, (Grimstad, Norway, August 18-22, 1997), Kluwer Academic Publishers, London 1998, pp. 91-102.

KRAJACIC ET ALII 2012 - G. KRAJACIC ET ALII, *Analysis of financial mechanisms in support to new pumped hydropower storage projects in Croatia*, in «Applied Energy», 2012, 101, pp. 161-171, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.07.007> (accessed 21 April 2019).

KREITH, WEST 2004 - F. KREITH, R. WEST, *Fallacies of a Hydrogen Economy: A Critical Analysis of Hydrogen Production and Utilization*, in «Journal of Energy Resources Technology», 2004, 126, pp. 249-257, <https://doi.org/10.1115/1.1834851> (accessed 21 February 2019).

KYRIAKOPOULOS ET ALII 2018 - G. KYRIAKOPOULOS ET ALII, *Electricity consumption and RES plants in Greece: Typologies of regional units*, in «Renewable Energy», 2018, 127, pp. 134-144, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.062> (accessed 13 March 2019).

LOPEZ-SABIRON ET ALII 2014 - A.M. LOPEZ-SABIRON ET ALII, *Carbon footprint of a thermal energy storage system using phase change materials for industrial energy recovery to reduce the fossil fuel consumption*, in «Applied Energy», 2014, 135, pp. 616-624, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.038> (accessed 25 May 2019).

LORESTANI, ARDEHALI 2018 - A. LORESTANI, M.M. ARDEHALI, *Optimization of autonomous combined heat and power system including PVT, WT, storages, and electric heat utilizing novel evolutionary particle swarm optimization algorithm*, in «Renewable Energy», 2018, 119, pp. 490-503, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.037> (accessed 15 March 2019).

LUND 2010 - H. LUND, *The implementation of renewable energy systems. Lessons learned from the Danish case*, in «Energy», 2010, 35, pp. 4003-4009, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.01.036> (accessed 13 March 2019).

MALARA ET ALII 2016 - A. MALARA ET ALII, *Energetic and economic analysis of shading effects on PV panels energy production*, in «International Journal of Heat and Technology», 2016, 34/3, pp. 465-472, <https://doi.org/10.18280/ijht.340316> (accessed 13 March 2019).

MARCHENKO, SOLOMIN 2015 - O.V. MARCHENKO, S.V. SOLOMIN, *The future energy: Hydrogen versus electricity*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2015, 40, pp. 3801-3805, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.01.132> (accessed 18 March 2019).

MARINO ET ALII 2012 - C. MARINO ET ALII, *Energetic, economic and environmental sustainability of integrated techniques for energy production in buildings using hydrogen as storage system*, in «Renewable Energy & Power Quality Journal», 2012, 10, pp. 663-668, <https://doi.org/10.24084/repqj10.663> (accessed 9 October 2019).

MARINO ET ALII 2013 - C. MARINO ET ALII, *An energy self-sufficient public building using integrated renewable sources and hydrogen storage*, in «Energy», 2013, 57, pp. 95-105, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.053> (accessed 12 September 2019).

MARINO ET ALII 2015a - C. MARINO ET ALII, *Hydrogen production from RES, storage and reconversion in fuel cells*, in V. GARG, J. MATHUR (eds.), *Proceedings of the 14th International Building Simulation Conference*, (Hyderabad, India, December 7-9, 2015), BS publications, Hyderabad 2015, pp. 1149-1156.

MARINO, NUCARA, PIETRAFESA 2015b - C. MARINO, A. NUCARA, M. PIETRAFESA, *Electrolytic hydrogen production from renewable source, storage and reconversion in fuel cells: the system of the Mediterranean University of Reggio Calabria*, in «Energy Procedia», 2015, 78, pp. 818-823, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.001> (accessed 1 October 2019).

- MOMIRLANA, VEZIROGLU 2005 - M. MOMIRLANA, T.N. VEZIROGLU, *The properties of hydrogen as fuel tomorrow in sustainable energy system for a cleaner planet*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2005, 30, pp. 795-802, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2004.10.011> (accessed 15 March 2019).
- MORENO-BENITO, AGNOLUCCI, PAPAGEORGIOU 2017 - M. MORENO-BENITO, P. AGNOLUCCI, L.G. PAPAGEORGIOU, *Towards a sustainable hydrogen economy: Optimisation-based framework for hydrogen infrastructure development*, in «Computers and chemical engineering», 2017, 102, pp 110-127, <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.08.005> (accessed 7 April 2019).
- NARAYANAN ET ALII in press - A. NARAYANAN ET ALII, *Feasibility of 100% renewable energy-based electricity production for cities with storage and flexibility*, in «Renewable Energy», in press.
- NIKOLAIDIS, POULLIKKAS 2017 - P. NIKOLAIDIS, A. POULLIKKAS, *A comparative overview of hydrogen production processes*, in «Renewable and sustainable energy reviews», 2017, 67, pp. 597-611, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.044> (accessed 18 March 2019).
- OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION (OJEU) 2009 - OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION (OJEU), *On the promotion of the use of energy from renewable sources*, 5 June 2009, 140, pp. 63-73, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF>
- SANTARELLI, MACAGNO 2004 - M. SANTARELLI, S. MACAGNO, *Hydrogen as an energy carrier in stand-alone applications based on PV and micro-hydro systems*, in «Energy», 2004, 29, pp. 1159-1182, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.02.023> (accessed 15 October 2019).
- SIANO 2014 - P. SIANO, *Demand response and smart grids. A survey*, in «Renewable and sustainable energy reviews», 2014, 30, pp. 461-478.
- SINIGAGLIA ET ALII 2017 - T. SINIGAGLIA ET ALII, *Production, storage, fuel stations of hydrogen and its utilization in automotive applications-a review*, in «International Journal of Hydrogen Energy», 2017, 42, pp. 24597-24611, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.063> (accessed 13 March 2019).
- SUNITA SHARMA, KRISHNA 2015 - S. SUNITA SHARMA, G. KRISHNA, *Hydrogen the future transportation fuel: From production to applications*, in «Renewable and sustainable energy reviews», 2015, 43, pp. 1151-1158, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.093> (accessed 7 April 2019).
- WON ET ALII 2017 - W. WON ET ALII, *Design and operation of renewable energy sources based hydrogen supply system: Technology integration and optimization*, in «Renewable energy», 2017, 103, pp. 226-238, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.038> (accessed 21 September 2019).
- YILANCI, DINCER, OZTURK 2008 - A. YILANCI, I. DINCER, H.K. OZTURK, *A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications*, in «Progress in Energy and Combustion Science», 2008, 35, pp. 231-244, <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.07.004> (accessed 7 April 2019).



Root Reinforcement as a Measure for Shallow Landslides Risk Mitigation

Giuseppe Cardile, Marilene Pisano, Nicola Moraci, Daniele Cazzuffi
giuseppe.cardile@unirc.it, marilene.pisano@unirc.it,
nicola.moraci@unirc.it, daniele.cazzuffi@cesi.it

In recent years, the use of vegetation as an intervention for risk mitigation against shallow landslides, as well as for slope erosion control, has begun to spread as a valid alternative to the more traditional methods given the increasingly urgent request for a sustainable design. In fact, reinforcing slopes with roots provides bioengineering solutions that satisfy the principal sustainability criteria for construction better. With reference to risk mitigation, the reinforcement of slopes by means of roots represents a solution that falls within the context of prevention measures, which help to prevent the triggering or reactivation of shallow landslides, allowing for the mitigation of fragility as well as the protection of the natural and anthropic landscape.

The soil thickness reinforced with roots shows an increase in soil shear strength due to a two-fold effect: the mechanical effect provided by soil-root interaction and the hydrological effect caused by the evapotranspiration phenomena that yield a reduction in the degree of saturation. The mechanical contribution, in particular, depends on both the tensile strength of the roots and their density and spatial distribution within the soil.

The aim of the paper is to show the empirical methodologies that allow evaluating this mechanical contribution to be used in modelling the behaviour of soil reinforced with vegetation.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISSN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR185



Il rinforzo radicale come intervento per la mitigazione del rischio da frane superficiali

Giuseppe Cardile, Marilene Pisano, Nicola Moraci, Daniele Cazzuffi

Uno degli Obiettivi dell'Agenda 2030 che le Nazioni Unite intendono perseguire è quello di operare per la salvaguardia del patrimonio culturale e naturale mondiale. In questo contesto la necessità di una politica di protezione che adotti strategie e metodologie per la riduzione del rischio di disastri naturali, che siano sostenibili sia sul piano ambientale che su quello economico e sociale, risulta oltremodo spingente. L'utilizzo di radici con funzione di rinforzo¹, che costituisce uno degli interventi di mitigazione del rischio da frane² che negli ultimi anni si sono parecchio diffusi con lo scopo di prevenire l'innesco di fenomeni di dissesto che interessano porzioni superficiali dei versanti, risponde in pieno a tale necessità. Contestualmente infatti, oltre ad assolvere alla funzione di mitigazione delle fragilità nelle aree interne e montane, tali tecnologie bio-ingegneristiche consentono la naturalizzazione di aree antropiche con conseguente riduzione in termini di impatto ambientale rispetto alle più tradizionali opere di ingegneria.

I terreni rinforzati con radici presentano una maggiore resistenza a taglio rispetto a quelli non rinforzati grazie a un doppio effetto, idrologico e meccanico³. Con riferimento al primo effetto, le

1. BOVOLENTA, MAZZUOLI, BERARDI 2018; PISANO, CARDILE, RICCIARDI 2020.

2. CANELLI *ET ALII* 2012; MORACI *ET ALII* 2015.

3. CAZZUFFI, CARDILE, GIOFFRÈ 2014; CAZZUFFI, GIOFFRÈ, CARDILE 2016; DIAS, PIRONE, URCIUOLI 2017.

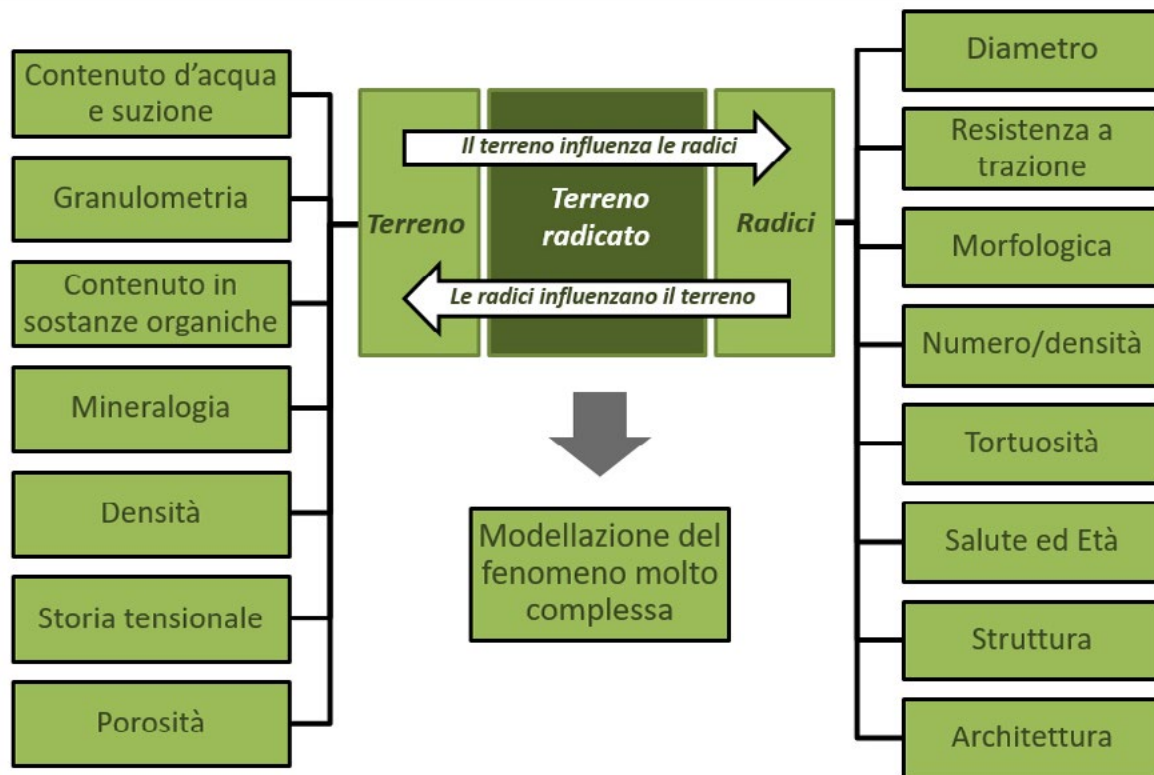


Figura 1. Principali fattori che condizionano la resistenza del sistema terreno-radici.

piante regolano sia l'infiltrazione delle acque meteoriche che vengono intercettate dall'apparato epigeo rallentandone il flusso e in parte assorbite dalle radici, sia il trasferimento di acqua dal terreno all'atmosfera tramite processi di evapo-traspirazione che si traducono in una riduzione del grado di saturazione del terreno con conseguente incremento della suzione e dunque della resistenza al taglio. Per comprendere invece l'effetto meccanico, è sufficiente assimilare il terreno radicato ad un materiale composito costituito da fibre dotate di resistenza a trazione (le radici, appunto) inserite all'interno di una matrice che resiste a compressione e taglio. Quando il terreno è soggetto a uno stato di deformazione a taglio provocato dallo scorrimento relativo dei grani lungo una potenziale superficie di rottura, gli sforzi di taglio che si sviluppano nella matrice di terreno allungano le radici, mobilitando uno stato tensionale di trazione che incrementa la resistenza a taglio del terreno radicato. Le radici che intersecano le superfici di scorrimento possono essere immaginate come ancoraggi che mobilitano una resistenza allo sfilamento all'interfaccia terreno-radice⁴, e questo implica che le radici contribuiscono all'incremento della resistenza al taglio fintanto che non si raggiungono le condizioni limite di rottura per raggiungimento della resistenza a trazione delle singole radici o per sfilamento delle stesse dalla matrice di terreno (quest'ultimo poco comune data la complessa configurazione morfologica dell'apparato radicale, nonché la modifica che la struttura originaria del terreno subisce ad opera di essudati emessi dalle radici⁵).

L'interazione terreno-radici è piuttosto complessa poiché ad essa contribuiscono molteplici fattori che condizionano la risposta del sistema (fig. 1). Tra tutti i possibili fattori, i più importanti sono sicuramente le caratteristiche di resistenza delle radici e la loro distribuzione spaziale all'interno del terreno, la cui influenza dipende da vari aspetti che vanno dalle caratteristiche geometriche, biochimiche, meccaniche e morfologiche del sistema radicale a quelle geotecniche e biochimiche del terreno a contatto, all'uso del suolo e ad altre peculiarità ambientali (caratteristiche climatiche, nutrienti, età e salute della pianta, collocazione geografica, etc.). Tutto questo fa sì che sia la resistenza a trazione delle radici, sia la loro distribuzione spaziale risultino condizionate da un'elevata variabilità che causa incertezze nei parametri di progetto, e questo comporta che allo stato attuale la progettazione di interventi di mitigazione del rischio mediante l'uso di vegetazione potrebbe non soddisfare il criterio di affidabilità richiesto dagli Eurocodici. In questo contesto, alcuni ricercatori⁶ hanno condotto un'analisi di stabilità di tipo probabilistico al fine di valutare il livello di affidabilità

4. WALDRON 1977.

5. AMATO, LANDI, MAZZOLENI 2006; NAPOLI *ET ALII* 2014, p. 27.

6. CARDILE *ET ALII* 2019.

di pendii rinforzati con radici. I risultati hanno mostrato che non sempre è possibile garantire che se un pendio risulta stabile, e dunque soddisfa il criterio di sicurezza per il quale il fattore di sicurezza è almeno pari all'unità (secondo quanto richiesto dagli Eurocodici), esso abbia anche un livello di affidabilità accettabile, ovvero possa soddisfare i requisiti richiesti, e questo proprio a causa della variabilità dei parametri di progetto.

Appare chiaro come la quantificazione del contributo alla resistenza fornito dalle radici sia un'operazione piuttosto importante e difficile da realizzare. Il seguente articolo si propone di illustrare le principali metodologie sperimentali che sin dagli anni '60 si sono sviluppate a questo scopo.

Metodi sperimentali per l'analisi del contributo al rinforzo del terreno fornito da radici

Le prove sperimentali che consentono di valutare l'incremento di resistenza a taglio fornito dalle radici ad uno strato di terreno possono essere effettuate in laboratorio (prove di trazione e prove di taglio diretto) o in sito (prove di sfilamento e prove di taglio diretto).

Le prove di laboratorio effettuate sulle singole radici consentono di determinare la resistenza a trazione delle stesse (prove di trazione). Tali prove vengono eseguite su provini preventivamente condizionati a valori di temperatura e umidità relativa rispettivamente pari a 20°C e 65%, utilizzando un'apparecchiatura dotata di un sistema per il serraggio della radice e un attuatore che impone la velocità di spostamento desiderata (fig. 2); il valore della resistenza a trazione viene letto tramite una cella di carico mentre le deformazioni sono generalmente calcolate per mezzo di un trasduttore di spostamento. Le procedure di prova adottate dai vari ricercatori sono generalmente simili, differendo tuttavia in misura sostanziale nel modo in cui il provino viene agganciato al sistema pinze. Le prove vengono eseguite a velocità di spostamento costante, generalmente variabile tra i 2 e i 20 mm/min, e possono ritenersi valide se la rottura si verifica in prossimità della mezzeria del provino. Le radici sono prelevate in sito tramite metodi di scavo effettuati manualmente o con getti d'acqua in pressione per permettere di rimuovere il terreno attorno alla pianta in maniera progressiva senza danneggiare le radici (fig. 3).

I risultati ottenuti, oltre ad essere condizionati dal tipo di serraggio e dalla velocità di prova, dipendono tra l'altro dalla specie e dal diametro della radice, dal fatto che essa sia "viva" o secca, dall'età e dalla salute della pianta, dalla stagione e dalle condizioni ambientali. Anche la lunghezza dei provini può giocare un ruolo nella stima della resistenza a trazione in quanto nei provini lunghi è più probabile che siano presenti punti deboli causati da discontinuità nelle fibre.



A sinistra, figura 2. Apparecchiatura per le prove di trazione su radici (da CAZZUFFI, CARDILE, GIOFFRÈ 2014, p. 9); in alto, figura 3. Campionamento mediante procedura di rimozione del terreno con acqua pressurizzata (da CAZZUFFI, CARDILE, GIOFFRÈ 2014, p. 8).

La grande variabilità dei risultati ottenuta dalle prove di trazione condotte su una stessa specie è stata mostrata da diversi ricercatori⁷, i quali hanno ottenuto valori di deviazioni standard fino al doppio maggiori del valore medio.

Le “prove di taglio diretto”, che è possibile effettuare sia in laboratorio che in sito, consentono di determinare la resistenza al taglio di provini radicati. Uno dei risultati generalmente ottenuti da queste prove mostra che la resistenza al taglio di picco di tali provini appare essere significativamente maggiore di quella ottenuta sullo stesso tipo di terreno non radicato e che i valori di spostamento in corrispondenza dei quali entrambe le resistenze di picco si mobilitano non coincidono⁸. Questo

7. BISCHETTI *ET ALII* 2005.

8. GIADROSSICH *ET ALII* 2017, p. 1.

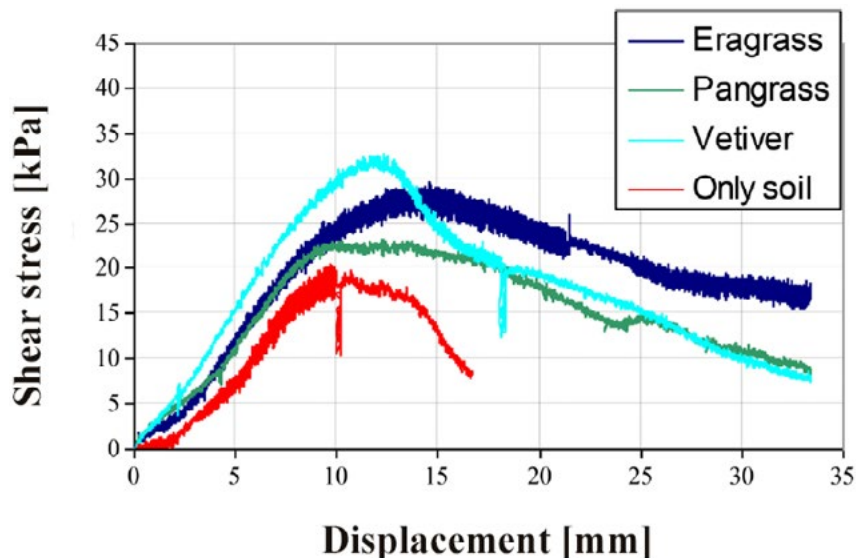


Figura 4. Curve tensione di taglio-spostamento ottenute per terreno non radicato e per terreno rinforzato con diverse specie di graminacee, campionato alla profondità di 0.6 m (da CAZZUFFI, CARDILE, GIOFFRÈ 2014, p. 18).

risultato spiega dunque la ragione per la quale i terreni radicati contribuiscono alla riduzione della suscettibilità di pendii a frane superficiali. L'apparecchiatura utilizzata in laboratorio è costituita da due semi-scatole, una mobile e una fissa, all'interno delle quali viene posizionato il provino. Quest'ultimo viene successivamente sottoposto ad una tensione verticale applicata nella parte superiore e ad uno spostamento orizzontale laterale che provoca la rottura lungo il piano di taglio imposto. Le prove possono essere effettuate su provini indisturbati o ricostituiti le cui dimensioni possono raggiungere valori massimi dell'ordine del metro al fine di evitare l'insorgere di effetti scala legati alle dimensioni della scatola di taglio e al diametro delle radici in rapporto all'area radicata in corrispondenza del piano di taglio. I risultati ottenuti possono essere molto variabili in quanto condizionati da molteplici fattori difficilmente controllabili, quali il tipo di rottura delle singole radici (rottura a trazione o sfilamento) e la loro orientazione rispetto al piano di taglio.

Per evitare l'influenza degli effetti scala alcuni ricercatori⁹ hanno effettuato, a una velocità di spostamento pari a 0.2 mm/min, delle prove di taglio diretto con un'apparecchiatura di grandi

9. CAZZUFFI, CRIPPA 2005; CAZZUFFI, CORNEO, CRIPPA 2006.

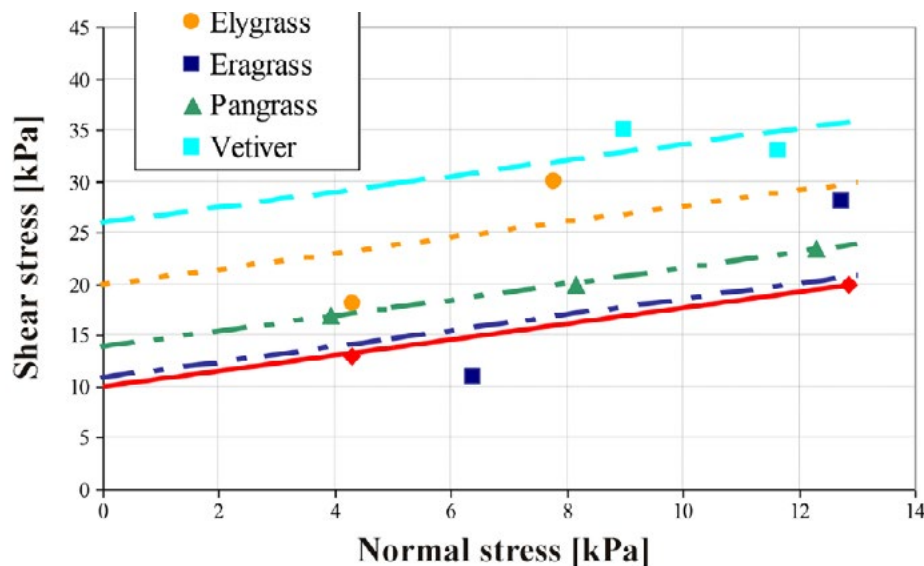


Figura 5. Involuppi di rottura da prove di taglio diretto ottenuti per terreno non radicato e per terreno rinforzato con diverse specie di graminacee (modificato da CAZZUFFI, CRIPPA 2005, p. 5).

dimensioni su provini cilindrici di terreno indisturbato, radicato e non, aventi diametro pari a 200 mm. I risultati in termini di curve tensione di taglio-spostamento ottenute per terreno non radicato e per terreno rinforzato con diverse specie di graminacee, campionato alla profondità di 0.6 m, sono riportati in figura 4. Nella figura 5 è invece possibile analizzare gli involuppi di rottura ottenuti per i suddetti provini testati a differenti tensioni di confinamento: i risultati rappresentati nel piano di Mohr mostrano che il contributo alla resistenza fornito dalle radici può essere individuato in un incremento di coesione apparente (l'angolo di resistenza al taglio dei provini rinforzati e non rimane invariato).

Le "prove di sfilamento" possono essere eseguite in sito e in laboratorio su una o più radici e hanno lo scopo di misurare la resistenza allo sfilamento che l'interfaccia terreno-radice oppone ad una forza di trazione applicata in corrispondenza dell'estremità della radice, o del sistema di radici, testata. In sito la prova viene eseguita in trincea utilizzando un'apparecchiatura generalmente costituita da un telaio metallico e da un verricello connesso alla radice mediante un cavo metallico, e dalla strumentazione di misura: il valore della resistenza allo sfilamento viene letto tramite una cella di carico posta tra il suddetto cavo metallico e la radice serrata, mentre lo spostamento

viene registrato mediante un trasduttore di spostamento. Occorre prestare particolare attenzione all'angolo di inclinazione della radice rispetto alla direzione di sfilamento poiché esso influenza notevolmente i risultati ottenuti.

Alcuni ricercatori¹⁰ hanno condotto delle prove di sfilamento utilizzando un'apparecchiatura che consente di investigare contemporaneamente fino a circa venti radici. I risultati hanno evidenziato che il cinematiso di rottura è condizionato da un insieme di fattori: l'attrito all'interfaccia terreno-radici, il numero e l'estensione di ramificazioni presenti nelle radici, la loro rigidità a trazione e tortuosità. Esso può verificarsi per rottura a trazione della radice principale, per rottura progressiva delle radici ramificate, per rottura a taglio all'interfaccia o per una combinazione delle precedenti¹¹. La prevalenza del meccanismo di rottura per trazione o per sfilamento dipende dalla resistenza al taglio del terreno, e conseguentemente dell'interazione tra radici e terreno, e dalla resistenza a trazione e struttura delle radici.

I meccanismi di interazione elementare che mobilitano la resistenza allo sfilamento, ampiamente spiegati nel contesto del rinforzo del terreno con geosintetici¹², sono i) l'attrito che si sviluppa al contatto tra la superficie laterale delle radici e il terreno a contatto e ii) la resistenza passiva che si sviluppa a causa dell'architettura delle radici (resistenza mobilitata dal terreno in corrispondenza delle porzioni ramificate poste trasversalmente alla direzione di sfilamento).

Nell'ipotesi semplificata di elemento singolo privo di ramificazioni avente diametro "d" e radicato nel terreno in direzione verticale, la resistenza allo sfilamento P_R è pari a:

$$P_R = \tau \cdot A_l = \sigma'_n \cdot \tan \delta \cdot \pi \cdot d \cdot L_a \quad (1)$$

in cui le τ sono le tensioni tangenziali che si sviluppano lungo la superficie laterale della radice A_l , σ'_n è la tensione agente in direzione normale a tale superficie laterale, δ è l'angolo di attrito terreno-radice e L_a è la porzione di radice su cui si mobilita tale resistenza. È pertanto possibile affermare che la resistenza allo sfilamento dipende dalla profondità della radice rispetto al piano di campagna (stato tensionale), dalle caratteristiche meccaniche del terreno, dalle caratteristiche d'interfaccia e dalla geometria della radice. I valori di resistenza allo sfilamento in sito sono generalmente maggiori di

10. GIADROSSICH ET ALII 2013.

11. NORRIS 2005; POLLEN 2007; WU 2013.

12. MORACI, CARDILE 2009; MORACI, CARDILE 2012; CARDILE, MORACI, CALVARANO 2016; MORACI, CARDILE, PISANO 2017; CARDILE, PISANO, MORACI 2019; PISANO, CARDILE, MORACI 2019.

quelli calcolati attraverso l'espressione (1) in quanto le tensioni tangenziali si sviluppano lungo un'area più grande per la presenza di ramificazioni, il diametro non si mantiene costante e le caratteristiche di tortuosità delle radici e la loro morfologia implicano la mobilitazione di superfici di rottura passiva tridimensionali¹³.

In laboratorio, ulteriori prove che possono essere utilizzate per investigare il comportamento di terreni radicati sono le "prove triassiali di compressione". Tuttavia, l'applicazione di tali apparecchiature nel contesto dei terreni rinforzati con radici è piuttosto limitata a causa delle ridotte dimensioni delle radici che possono essere studiate utilizzando provini standard. Alla luce di ciò è necessario sviluppare apparecchiature triassiali di grandi dimensioni che siano in grado di fornire risultati non condizionati da effetti scala.

13. CARDILE *ET ALII* 2017; CARDILE, PISANO, MORACI 2020.

Bibliografia

AMATO, LANDI, MAZZOLENI 2006 - M. AMATO, G. LANDI, S. MAZZOLENI, *Il contributo della vegetazione alla stabilità dei terreni in pendio. Meccanismi e variabilità dei processi*, in G. URCIUOLI (a cura di), *Questioni di Ingegneria Geotecnica*, Hevelius, Benevento 2006, pp. 105-125.

BISCHETTI ET ALII 2005 - G.B. BISCHETTI ET ALII, *Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy)*, in «Plant and Soil», 2005, 278-2, pp. 11-22.

BOVOLENTA, MAZZUOLI, BERARDI 2018 - R. BOVOLENTA, M. MAZZUOLI, R. BERARDI, *Soil bio-engineering techniques to protect slopes and prevent shallow landslides*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2018, 3, pp. 44-65.

CANELLI ET ALII 2012 - L. CANELLI ET ALII, *Debris flow risk mitigation by the means of rigid and flexible barriers - experimental tests and impact analysis*, in «Natural Hazards and Earth System Sciences», 2012, 12, pp. 1693-1699.

CARDILE, MORACI, CALVARANO 2016 - G. CARDILE, N. MORACI, L.S. CALVARANO, *Geogrid pullout behaviour according to the experimental evaluation of the active length*, in «Geosynthetics International», 2016, 23/2, pp. 194-205.

CARDILE ET ALII 2017 - G. CARDILE ET ALII, *Modelling interference between the geogrid bearing members under pullout loading conditions*, in «Geotextiles and Geomembranes», 2017, 45/3, pp. 169-177.

CARDILE ET ALII 2019 - G. CARDILE ET ALII, *Reliability analysis of root-reinforced slopes*, in H. SIGURSTEINSSON, S. ERLINGSSON, B. BESSASON (a cura di), *Geotechnical Engineering, foundation of the future*, XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, (Reykjavik, Islanda, 1-6 Settembre 2019), The Icelandic Geotechnical Society 2019, pp. 1-8, https://www.ecsmge-2019.com/uploads/2/1/7/9/21790806/445-ecsmge-2019_cardile.pdf (ultimo accesso 24 ottobre 2019).

CARDILE, PISANO, MORACI 2019 - G. CARDILE, M. PISANO, N. MORACI, *The influence of a cyclic loading history on soil-geogrid interaction under pullout condition*, in «Geotextiles and Geomembranes», 2019, 47/4, pp. 552-565, <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2019.01.012> (ultimo accesso, 26 ottobre 2019).

CARDILE, PISANO, MORACI 2020 - G. CARDILE, M. PISANO, N. MORACI, *A Predictive Model for Pullout Bearing Resistance of Geogrids Embedded in a Granular Soil*, in F. CALVETTI ET ALII (a cura di), *Geotechnical Research for Land Protection and Development*, Atti del 7° Convegno Nazionale dei Ricercatori di Ingegneria Geotecnica (Lecco, Italia, 3-5 Luglio 2019), Lecture Notes in Civil Engineering, 2020, 40, pp. 438-445, https://doi.org/10.1007/978-3-030-21359-6_46, (ultimo accesso 25 ottobre 2019).

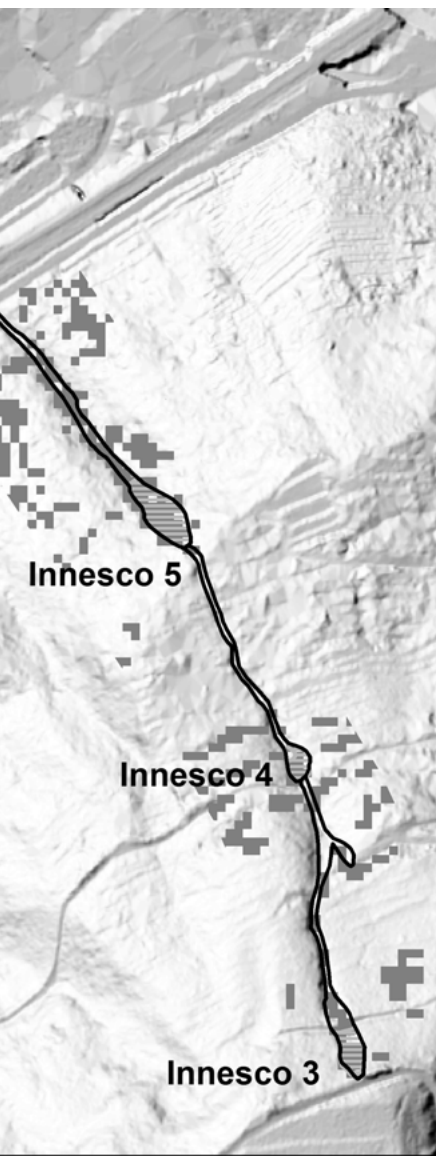
CAZZUFFI, CRIPPA 2005 - D. CAZZUFFI, E. CRIPPA, *Shear strength behaviour of cohesive soils reinforced with vegetation*, in *Geotechnology in Harmony with the Global Environment*, 16th International Conference on Soil mechanics and Geotechnical Engineering (Osaka, Giappone, 12-16 Settembre 2005), Millpress Science Publishers, Rotterdam 2005, pp. 2493-2498.

CAZZUFFI, CORNEO, CRIPPA 2006 - D. CAZZUFFI, A. CORNEO, E. CRIPPA, *Slope stabilisation by perennial "gramineae" in Southern Italy: plant growth and temporal performance*, in «Geotechnical and Geological Engineering», 2006, 24, pp. 429-447.

CAZZUFFI, CARDILE, GIOFFRÈ 2014 - D. CAZZUFFI, G. CARDILE, D. GIOFFRÈ, *Geosynthetic Engineering and Vegetation Growth in Soil Reinforcement Applications*, in «Transportation Infrastructure Geotechnology», 2014, 1, pp. 262-300.

CAZZUFFI, GIOFFRÈ, CARDILE 2016 - D. CAZZUFFI, D. GIOFFRÈ, G. CARDILE, *Environmental aspects in geosynthetic-soil reinforcement structures: the role of vegetation*, in *Geosynthetics for Infrastructure Development*, 6th Asian Regional

- Conference on Geosynthetics (New Delhi, India, 8-11 Novembre 2016), Central Board of Irrigation and Power, New Delhi 2016, pp. 120-148.
- DIAS, PIRONE, URCIUOLI 2017 - A.S. DIAS, M. PIRONE, G. URCIUOLI, *Review on the Methods for Evaluation of Root Reinforcement in Shallow Landslides*, in «Advancing Culture of Living with Landslides», 2017, 2, pp. 641-648.
- GIADROSSICH ET ALII 2013 - F. GIADROSSICH ET ALII, *Mechanical interactions between neighbouring roots during pullout tests*, in «Plant and Soil», 2013, 367/2, pp. 391-406.
- GIADROSSICH ET ALII 2017 - F. GIADROSSICH ET ALII, *Methods to measure the mechanical behaviour of tree roots: a review*, in «Ecological Engineering», 2017, 109, pp. 256-271.
- MORACI, CARDILE 2009 - N. MORACI, G. CARDILE, *Influence of cyclic tensile loading on pullout resistance of geogrids embedded in a compacted granular soil*, in «Geotextiles and Geomembranes», 2009, 27, pp. 475-487.
- MORACI, CARDILE 2012 - N. MORACI, G. CARDILE, *Deformative behaviour of different geogrids embedded in a granular soil under monotonic and cyclic pullout loads*, in «Geotextiles and Geomembranes», 2012, 32, pp. 104-110.
- MORACI ET ALII 2015 - N. MORACI ET ALII, *Analyses and design procedure of a new physical model for debris flows: results of numerical simulations by means of laboratory tests*, in «Italian Journal of Engineering Geology and Environment», 2015, 2, pp. 29-40.
- MORACI, CARDILE, PISANO 2017 - N. MORACI, G. CARDILE, M. PISANO, *Soil-geosynthetic interface behaviour in the anchorage zone [Comportamento all'interfaccia terreno-geosintetico nella zona di ancoraggio]*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2017, 1, pp. 5-25.
- NAPOLI ET ALII 2014 - P. NAPOLI, M. CECCONI, V. PANE, G. CALABRESI, *Interazione terreno-vegetazione nei fenomeni superficiali di instabilità dei versanti*, Università degli Studi di Perugia, Perugia 2014.
- NORRIS 2005 - J. E. NORRIS, *Root reinforcement by hawthorn and oak roots on a highway cut-slope in Southern England*, in «Plant and Soil», 2005, 278/1, pp. 43-53.
- PISANO, CARDILE, MORACI 2019 - M. PISANO, G. CARDILE, N. MORACI, *Soil-geogrid interface behaviour under cyclic pullout conditions*, in F. SILVESTRI, N. MORACI (a cura di), *Earthquake geotechnical engineering for protection and development of environment and constructions*, 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (Roma, 17-20 Giugno 2019), CRC Press, Boca Raton, London, New York 2019, pp. 4507-4514.
- PISANO, CARDILE, RICCIARDI 2020 - M. PISANO, G. CARDILE, A. RICCIARDI, *Deterministic and Probabilistic Analyses of Slopes Reinforced with Vegetation*, Atti del 7° Convegno Nazionale dei Ricercatori di Ingegneria Geotecnica (Lecco, Italia, 3-5 Luglio 2019), in F. CALVETTI ET ALII (a cura di), *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2020, 40, pp. 379-386, https://doi.org/10.1007/978-3-030-21359-6_40, (ultimo accesso, 26 ottobre 2019).
- POLLEN 2007 - N. POLLEN, *Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: accounting for soil shear strength and moisture*, in «Catena», 2007, 69/3, pp. 197-205.
- WALDRON 1977 - L.J. WALDRON, *The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil*, in «Soil Science Society of America Journal», 1977, 41, pp. 843-849.
- WU 2013 - T.H. WU, *Root reinforcement of soil: review of analytical models, test results, and applications to design*, in «Canadian Geotechnical Journal», 2013, 50, pp. 259-274.



An Advanced Methodology for Debris Flow Analysis in the Context of Landslide Hazard Zoning

Mariantonietta Ciurleo, Maria Clorinda Mandaglio, Nicola Moraci
mariantonietta.ciurleo@unirc.it, mamndaglio@unisa.it,
nicola.moraci@unirc.it

Landslide susceptibility zoning is becoming an important topic in scientific literature, especially in relation to land-use planning and management. The methods employed to derive landslide maps for zoning purposes are generally divided into three classes: heuristic or basic, statistical or intermediate and deterministic or advanced. Based on the method used, the scale of analysis and the zoning purpose, three zoning levels can be obtained i.e. preliminary, intermediate and advanced. For instance, when basic methods on a small scale are used, only a preliminary zoning level can be obtained while the use of intermediate and advanced methods, on a medium and large scale respectively, can allow us to achieve intermediate or advanced levels of zoning. All that considered, and with reference to a particular type of landslide called debris flow, a three-step deterministic method has been proposed. This method is based on a combination of two advanced models able to both identify the most relevant predisposing factors of debris flows in weathered gneiss and pursue an advanced level of susceptibility zoning on a large scale. The methodology, applied to a debris flow event which occurred in the province of Reggio Calabria, showed that the results obtained when combining these models are coherent with the prior-analysis of the real event. This is the starting point for a susceptibility analysis of debris flow over a large area.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR186



Una metodologia avanzata per l'analisi dei *debris flow* nel contesto della zonazione della pericolosità da frana

Mariantonietta Ciurleo, Maria Clorinda Mandaglio, Nicola Moraci

La gestione del rischio da frana è un processo estremamente complesso che prevede la preventiva analisi e stima del rischio. L'analisi del rischio consiste in attività di natura tecnica finalizzate all'individuazione e quantificazione della suscettibilità, pericolosità e delle possibili conseguenze legate ai fenomeni franosi. Una volta effettuata l'analisi del rischio, per mezzo di criteri di tollerabilità e giudizi di valore, è possibile procedere alla stima del rischio. La gestione del rischio contempla la scelta, implementazione, monitoraggio e controllo delle diverse misure che possono essere messe in essere per la mitigazione del rischio.

Un processo così articolato e complesso non può prescindere dalla comprensione dei fattori predisponenti e delle cause innescanti i movimenti franosi ricadenti nell'area di studio. Infatti, senza una profonda comprensione di tali aspetti, qualsiasi analisi di suscettibilità, pericolosità e rischio può rivelarsi del tutto fuorviante ed inefficace.

Nel presente lavoro l'attenzione è rivolta alle colate rapide di detrito (*debris flow*) che possono essere considerate fenomeni complessi a causa dei diversi meccanismi che ne governano le fasi di innesco e di propagazione. I debris flow presentano velocità da molto ad estremamente rapide, spesso coinvolgono grandi volumi di terreno, si verificano all'interno di solchi di erosione o canali

di drenaggio di primo o secondo ordine, e possono causare morti e disastri socio-economici¹. La previsione di questi fenomeni su area vasta è difficile e la rilevanza delle conseguenze rende la valutazione della suscettibilità un aspetto fondamentale specialmente per la pianificazione territoriale². Il prerequisito chiave per una consapevole analisi e zonazione della suscettibilità, soprattutto mediante metodi avanzati³ risiede nella comprensione dei processi di innesco e di propagazione dei fenomeni franosi. A tale fine, il presente contributo propone una metodologia di analisi delle fasi di innesco e di propagazione delle frane di colata rapida di detrito che, una volta tarata su eventi reali, consente di effettuare le analisi di suscettibilità e quindi di individuare le aree dove realizzare gli interventi di mitigazione necessari per rafforzare la resilienza del territorio ai rischi legati ai disastri naturali quali le colate rapide di detrito.

La metodologia proposta si basa sull'uso combinato di due metodi fisicamente basati avanzati *Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Slope-Stability* (TRIGRS)⁴, usato per l'analisi della fase di innesco, e *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH)⁵ che consente l'analisi della fase di propagazione.

Suscettibilità da frana e metodologia proposta

La prima fase del processo di gestione del rischio è rappresentato dalla valutazione della suscettibilità. L'analisi di suscettibilità, qui intesa come la probabilità spaziale che una frana di una data intensità si verifichi in una data area, può essere perseguita tramite metodi di tipo qualitativo o quantitativo, in funzione delle modalità di analisi e della modellazione dei fattori predisponenti e delle cause innescanti i fenomeni franosi⁶. L'applicabilità di ciascun metodo dipende dalla disponibilità, qualità ed accuratezza dei dati; dalla scala di analisi e dagli obiettivi richiesti⁷.

Le analisi qualitative, condotte tramite metodi euristici vengono effettuate a piccola scala (<1:100.000), consentono di individuare le relazioni esistenti tra la franosità e l'assetto geomorfologico del territorio basandosi esclusivamente sul giudizio dell'esperto.

1. HUNGR, LEROUÉIL, PICARELLI 2014.

2. MANDAGLIO *ET ALII* 2015; GIOFFRÈ *ET ALII* 2016; MANDAGLIO *ET ALII* 2016; GIOFFRÈ *ET ALII* 2017.

3. GODT *ET ALII* 2008; SORBINO, SICA, CASCINI 2010; CIURLEO, CALVELLO, CASCINI 2016; CASCINI, CIURLEO, DI NOCERA 2017.

4. BAUM, SAVAGE, GODT 2002; SAVAGE, GODT, BAUM 2004.

5. PASTOR *ET ALII* 2009.

6. LEE, PARK 2016.

7. FELL *ET ALII* 2008, p. 89; CASCINI 2015, p. 65.

Le analisi quantitative possono essere divise in metodi statistici e deterministici⁸. I metodi statistici, applicabili a differenti scale di analisi (da 1:100.000 a 1:5000), stabiliscono le relazioni esistenti tra i fattori predisponenti la franosità ed i fenomeni stessi attraverso l'uso di indicatori statistici⁹, trascurando la modellazione dei meccanismi di rottura e di propagazione del fenomeno franoso¹⁰.

I metodi deterministici, applicabili alle scale maggiori o uguali di 1:5000, analizzano compiutamente i meccanismi di rottura ed evoluzione dei fenomeni franosi attraverso modelli fisicamente basati che sono calibrati per mezzo di prove geotecniche in sito e di laboratorio¹¹.

La metodologia proposta nel presente lavoro si basa sull'utilizzo di metodi deterministici e parte dall'identificazione delle frane, in termini di tipologia e geometria, considerando i dati di pioggia che hanno innescato l'evento¹². Tale metodologia, si articola in tre fasi (fase I, II, III) in cui ogni fase successiva considera l'output della fase precedente come dato di input (fig. 1).

La fase I consiste nella creazione di un database per l'analisi geotecnica di stabilità ed ha l'obiettivo di identificare il campo di variazione dei parametri di input da usare nelle fasi II e III.

La fase II analizza le aree di innesco dei *debris flow* attraverso l'uso del modello fisicamente basato su area vasta TRIGRS, che accoppia un modello di infiltrazione¹³ ad un modello di stabilità del pendio indefinito capace di calcolare il fattore di sicurezza in ogni cella del dominio di analisi. In questa fase, devono essere condotte diverse analisi parametriche variando i dati in ingresso all'interno del campo di variazione identificato nella fase I. In uscita, TRIGRS consente di identificare le celle instabili ($FS \leq 1$) da quelle stabili ($FS > 1$) e di quantificare il volume di terreno iniziale mobilitato dall'innesco.

8. SOETERS, VAN WESTEN 1996.

9. BAEZA, COROMINAS 2001; CIURLEO, CALVELLO, CASCINI 2016; CIURLEO, CASCINI, CALVELLO 2017; BORRELLI, CIURLEO, GULLÀ 2018.

10. PARK, LEE, WOO 2013.

11. SALCIARINI, GODT, SAVAGE 2006; GODT ET ALII 2008.

12. CIURLEO ET ALII 2019, pp. 33-35.

13. IVERSON 2000; BAUM, SAVAGE, GODT 2002.

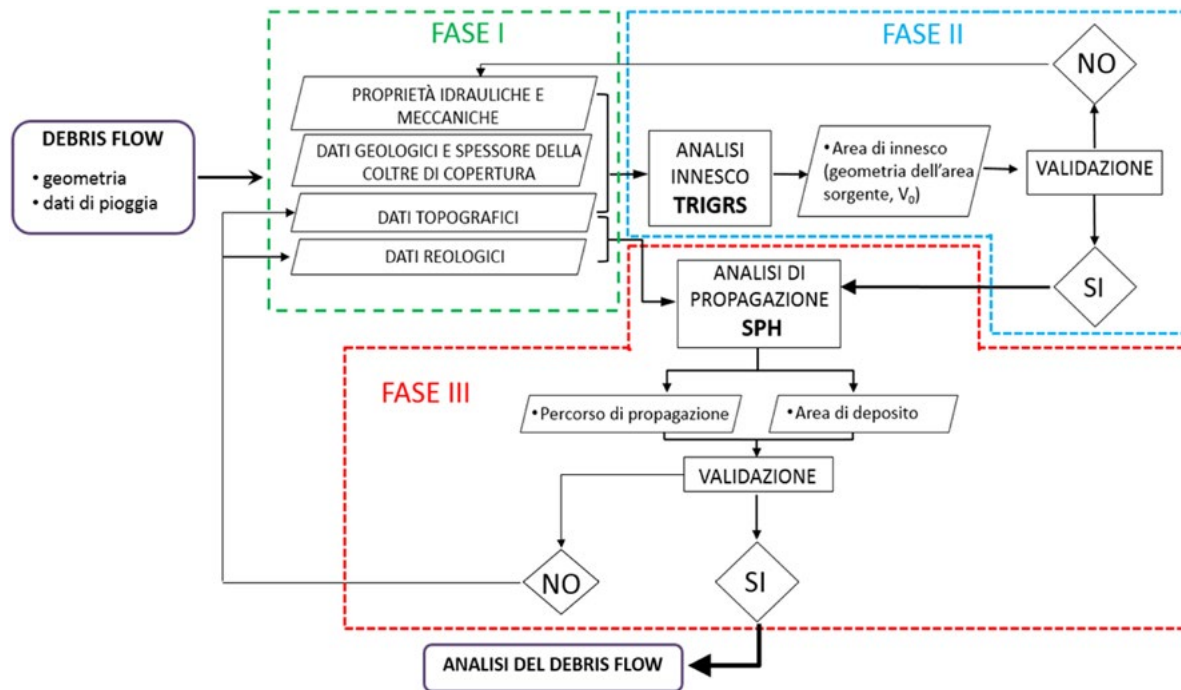


Figura 1. Diagramma di flusso (elaborazione a cura degli autori, 2019).

La migliore performance della fase di innesco è stata scelta per mezzo di un indice adimensionale (I_{trig}) definito come segue:

$$I_{trig} = \frac{A_{UTL}}{A_{TL}} \cdot 100 \quad (1)$$

dove A_{TL} sono le aree d'innesco identificate dall'inventario frane (aree d'innesco osservate); A_{UTL} sono le aree calcolate come instabili e localizzate all'interno di A_{TL} .

La fase II termina quando I_{trig} assume valori superiori ad 80%¹⁴, ed in uscita fornisce i valori dei volumi iniziali mobilitati dall'innesco dei debris flow (V_0) che possono essere considerati tra i più importanti dati di ingresso da usare nella fase III.

La fase III consiste nella analisi sia del percorso di propagazione sia dell'area di deposito finale ed è stata implementata attraverso l'utilizzo del codice numerico SPH. Il modello necessita come dati di ingresso sia dei volumi d'innesco identificati nella fase II sia dei parametri del modello reologico e del Modello di Elevazione Digitale (DEM) dell'area oggetto di studio.

L'output delle analisi con SPH consiste nell'identificare la forma ed il volume finale dell'area di deposito, il percorso di propagazione, la distanza percorsa e la velocità lungo il percorso di propagazione e quindi anche in corrispondenza delle sezioni significative della massa in movimento.

La validazione delle analisi numeriche si effettua per mezzo di due indici adimensionali definiti per le fasi di propagazione (I_{prop}) e di deposito (I_{deo}), come segue:

$$I_{prop} = \frac{A_{SR}}{A_{TR}} \cdot 100 \quad (2)$$

$$I_{dep} = \frac{A_{SDF}}{A_{TDF}} \cdot 100 \quad (3)$$

dove: A_{TR} è l'area di propagazione censita, A_{SR} è l'area di propagazione calcolata numericamente e localizzata in A_{TR} , A_{TDF} è l'area di deposito cartografata dopo gli eventi ed A_{SDF} è l'area di deposito simulata numericamente e localizzata in A_{TDF} .

Area di studio

L'area di studio è localizzata nella frazione di Favazzina, del comune di Scilla. Tale area è caratterizzata dalla diffusa presenza di terreni residuali, colluviali e detritici (Classe VI)¹⁵ che risultano quelli maggiormente interessati dall'innesco dei *debris flow* (fig. 2).

Tra i fenomeni franosi più significativi che hanno interessato tale area, si ricordano, gli eventi del maggio 2001 e del marzo 2005, già studiati da diversi autori¹⁶.

14. CIURLEO, MANDAGLIO, MORACI 2019, p. 185.

15. GCO 1988.

16. BORRELLI ET ALII 2012; GIOFFRÈ ET ALII 2016.

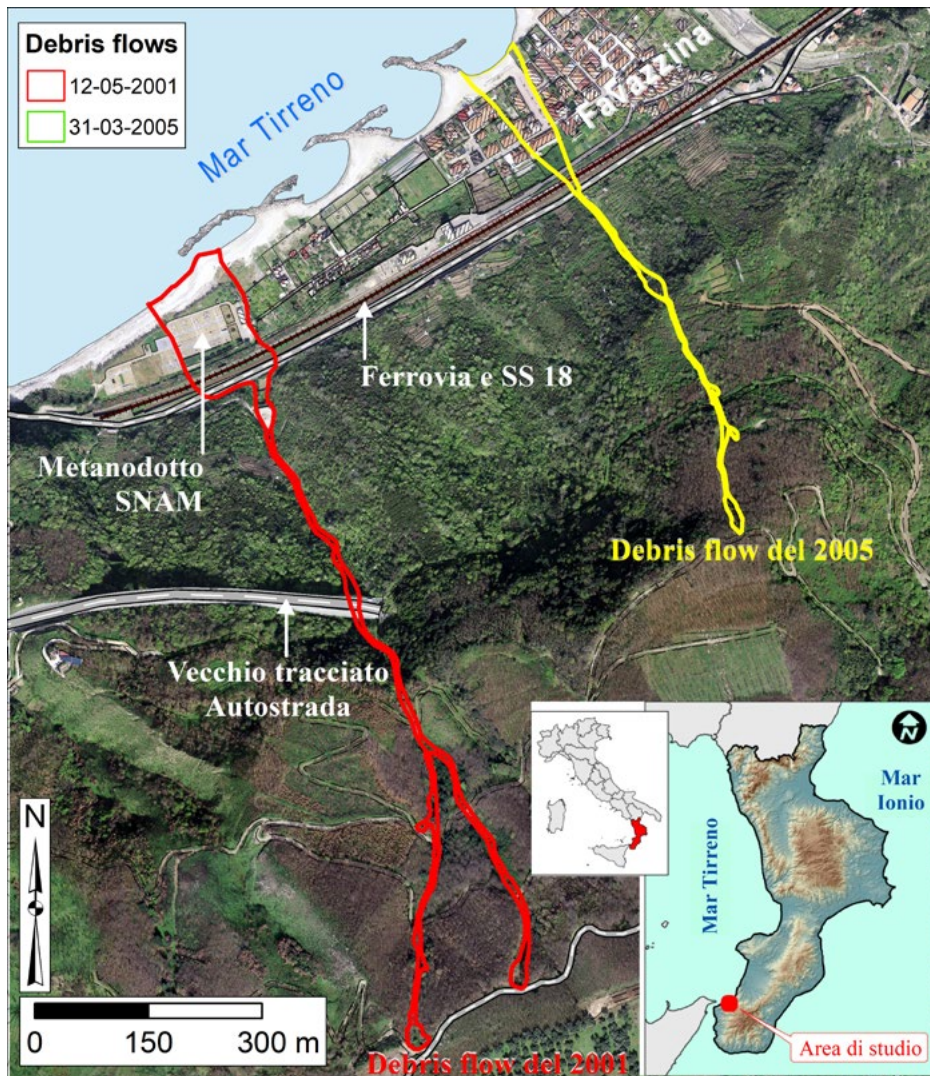


Figura 2. Localizzazione geografica dell'area di studio di Favazzina ed ortofoto dei *debris flow* avvenuti nel 2001 e nel 2005 (elaborazione a cura degli autori, 2019).

γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e	n	S (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	K_{sat} (m/s)	θ_{sat}
15-20	19-22	12.5-16	0.65-1.15	0.4-0.55	43-99	0 - 5	30 - 44	1.27E-06 - 6.60E-05	0.38-0.4

Tabella 1. Proprietà fisiche, meccaniche ed idrauliche degli gneiss di classe VI.

Durante l'evento del 12 maggio 2001, due frane traslazionali si sono innescate alla testata del vallone Favagrega a quote diverse in corrispondenza di due incisioni che si congiungono a circa 300 m s.l.m. Le due frane traslazionali sono evolute in una colata rapida di fango e detrito che ha investito la stazione SNAM del metanodotto, la strada statale (SS18) e la ferrovia causando il deragliamento del treno IC Torino – Reggio Calabria (fig. 2).

Il 31 marzo 2005, un fenomeno simile si è innescato sul versante in corrispondenza dell'abitato di Favazzina. È stato caratterizzato da tre frane traslazionali, rispettivamente a 412 m, 284 m e 212 m s.l.m. ed è evoluto in colata (fig. 2). Tale colata ha causato diversi danni alle abitazioni della frazione di Favazzina, alle infrastrutture di trasporto ed il deragliamento del treno IC Reggio Calabria-Milano.

Per quanto riguarda i dati di pioggia, si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di Scilla che ha registrato una pioggia cumulata pari a 20 mm, il giorno dell'evento del 2001, e 13.4 mm, il giorno dell'evento del 2005.

Analisi e risultati

Fase I

I *debris flow* del 2001 e del 2005 hanno coinvolto prevalentemente terreni di alterazione di Classe VI il cui spessore nell'area di innesco è di circa 1.5 m. I terreni in esame possono essere classificati, secondo la Unified Soil Classification System (USCS), come sabbia limosa (SM) e limo inorganico (ML). Da un punto di vista geotecnico, le proprietà fisiche, meccaniche ed idrauliche dei terreni di classe VI sono sintetizzati in Tabella 1¹⁷.

17. SCHILIRÒ, ESPOSITO, SCARASCIA MUGNOZZA 2015; CIURLEO, MANDAGLIO, MORACI 2019, p. 181.

γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Thickness of class VI (m)	K_{sat} (m/s)	D_0 (m ² /s)	θ_{sat}
20	0 – 5	30 - 40	1.5	1.75E-05	7.92E-05	0.39

Tabella 2. Dati di input di TRIGRS (da CIURLEO *ET ALII* 2019).

I parametri del modello reologico di Bingham (τ_0 e μ_b) sono stati ricavati da prove con viscosimetro per differenti valori della concentrazione solida in volume (C_v)¹⁸.

Fase II

I dati necessari per condurre l'analisi di stabilità utilizzando TRIGRS sono: il modello digitale del terreno (DEM) a scala 1:5000, lo spessore dei terreni che, secondo le indagini in sito, è stato considerato pari a 1.5 m e costante per l'intera area di studio; le proprietà geotecniche dei terreni di classe VI (Tab. 2).

Per quanto riguarda il regime delle pressioni interstiziali, a causa della carenza di dati geotecnici la falda acquifera è stata assunta a piano campagna nella parte alta del versante ed al contatto tra la classe VI ed i terreni meno alterati nella parte rimanente dell'area di studio¹⁹.

Sono state condotte diverse analisi parametriche per ciascun evento di frana (2001 e 2005) considerando differenti scenari: i) un valore costante (pari al valore medio) dell'angolo di resistenza a taglio ($\phi' = 38^\circ$) facendo variare la coesione efficace tra 0 kPa e 2.5 kPa; ii) un valore costante di coesione efficace, pari al valore medio di 2.5 kPa, facendo variare l'angolo di resistenza a taglio da 30° a 38° . Tutti i casi sono stati implementati considerando i valori medi dei parametri idraulici ($K_{sat} = 1.79E-05$ m/s, $D_0 = 7.92E-05$ m²/s, e $\theta_{sat} = 0.39$).

Per entrambi i fenomeni, i risultati ottenuti mostrano che il migliore accordo tra le aree d'innesco reali e quelle simulate è stato ottenuto considerando un valore medio di coesione ($c' = 2.5$ kPa) ed il valore minimo dell'angolo di resistenza a taglio ($\phi' = 30^\circ$). In particolare, con riferimento al fenomeno del 2001 è stato calcolato un $I_{trig} = 90.5\%$ con volumi di innesco pari a 900 m³ and 1125 m³ (innesco 1 e 2 in fig. 3a); mentre per il fenomeno del 2005 si ottiene un $I_{trig} = 94.5\%$ ed i volumi di innesco calcolati sono 325 m³, 187 m³ and 761 m³ (innesco 3, 4 e 5 in fig. 3b).

18. MORACI *ET ALII* 2017.

19. CIURLEO, MANDAGLIO, MORACI 2019, p. 182.

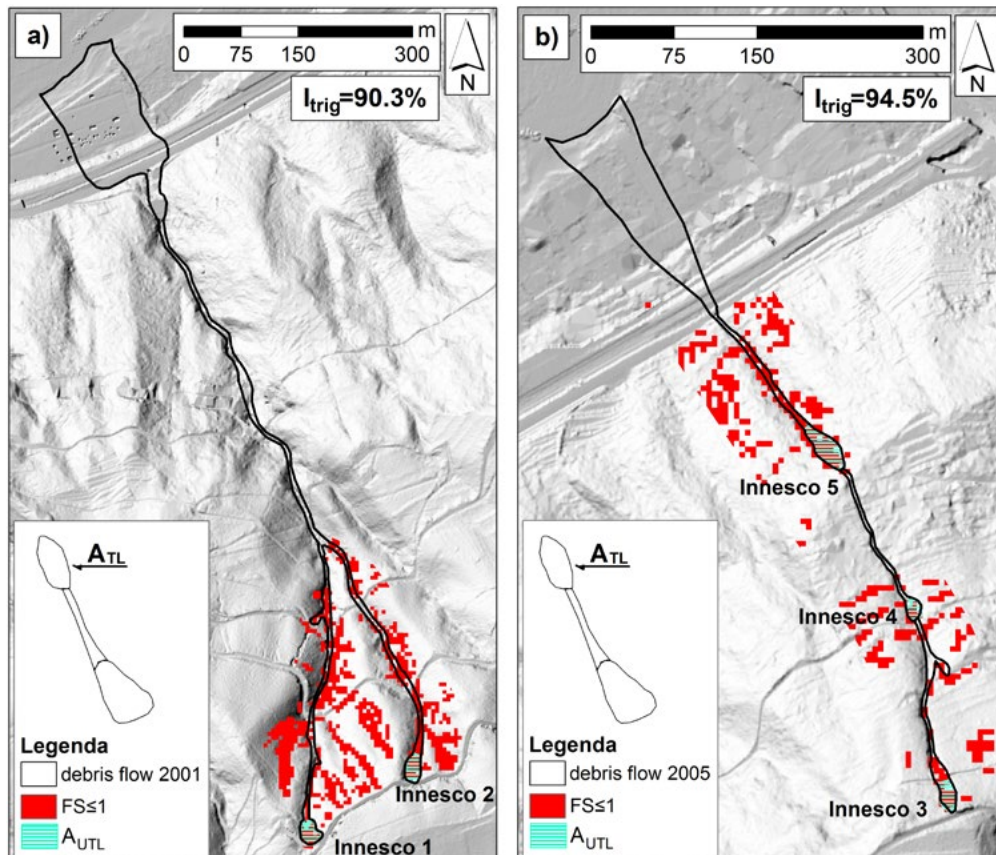


Figura 3. Risultati fase II. a) *debris flow* del 2001; b) *debris flow* del 2005 (elaborazione a cura degli autori, 2019).

C_v (%)	τ_0 (Pa)	μ_b (Pa·s)	E_s (m ⁻¹)
55 - 60	357 - 690	87 - 198	0.001 – 0.002

Tabella 3. Dati di input di SPH (elaborazione a cura degli autori, 2019).

Fase III

I dati necessari per analizzare la fase di propagazione (utilizzando il codice SPH) sono il volume d'innesco (stimato in fase II), il modello digitale di superficie (DSM, scala 1:1000), i parametri del modello reologico (ricavati sperimentalmente in fase I) e il tasso di erosione (Tab. 3). Quest'ultimo è stato implementato attraverso il parametro *growth rate* E_s^{20} che è funzione del volume finale del materiale mobilitato, di quello iniziale e della distanza percorsa dal debris flow.

La fase III si è basata su un'analisi iterativa dei parametri reologici e del coefficiente di erosione. I parametri reologici sono stati fatti variare per mezzo di C_v nel campo di variazione riportato in Tabella 3 ed in accordo con la classificazione proposta da Pierson e Costa (1987), mentre E_s è stato calibrato facendolo variare tra 0.001 e 0.002 m⁻¹.

I risultati delle simulazioni sono state confrontate con la perimetrazione reale dei debris flow. La simulazione che meglio approssima l'evento del 2001 è quella ottenuta considerando un valore di $C_v = 55\%$ ed $E_s = 0.00135$ m⁻¹ che presenta valori di I_{prop} pari al 100% e di I_{dep} pari a circa 60% (fig. 4a).

Per quanto riguarda il fenomeno del 2005 la simulazione che meglio approssima l'evento reale è stata ottenuta considerando $C_v = 52\%$ ed $E_s = 0.0018$ m⁻¹ e presenta valori di $I_{prop} = 100\%$ e di $I_{dep} = 75\%$ (fig. 4b).

Conclusioni

Il lavoro svolto presenta una metodologia per l'analisi dei debris flow. I risultati ottenuti in termini di I_{trig} , I_{prop} ed I_{dep} mostrano una buona prestazione della metodologia proposta considerando sia le zone di innesco sia il percorso dei debris flow. In particolare, i valori di I_{trig} risultano essere pari a 90.5% per il fenomeno del 2001 e 94.5% per il fenomeno del 2005 ed entrambi superiori al valore soglia pari a 80%. I valori di I_{prop} si sono rivelati pari al 100% per entrambi i fenomeni simulati, a testimonianza del fatto che i modelli numerici simulano in modo molto accurato la fase di propagazione dei fenomeni reali.

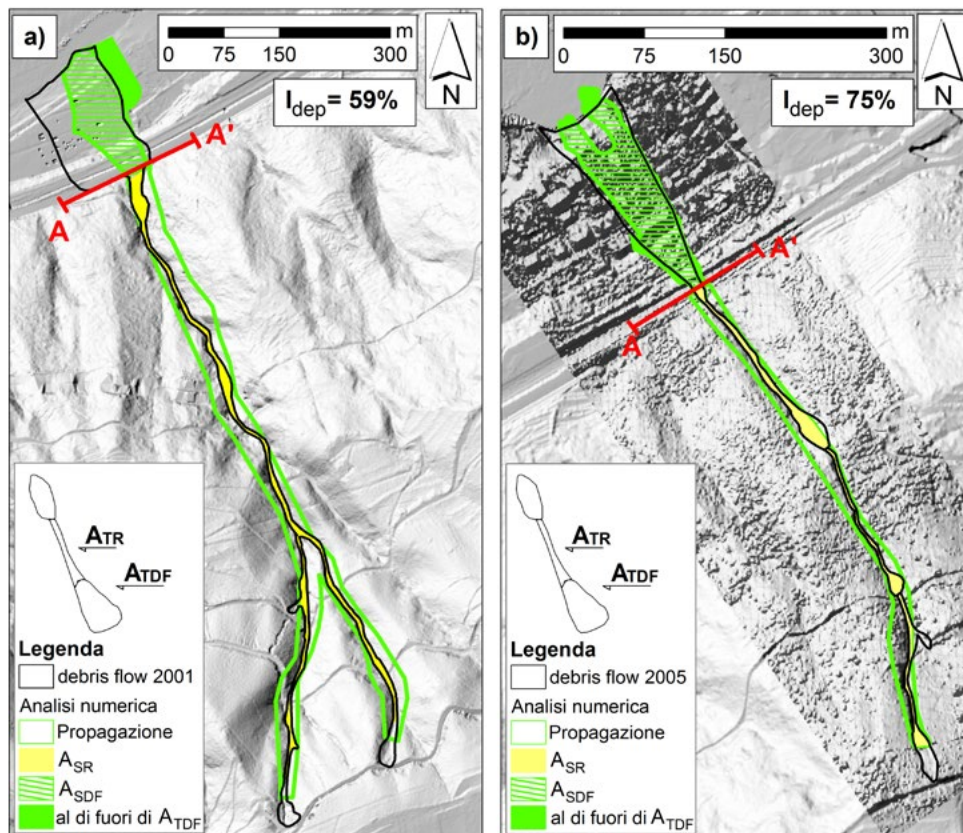


Figura 4. Risultati fase III. a) *debris flow* del 2001; b) *debris flow* del 2005 (elaborazione a cura degli autori, 2019).

Per quanto riguarda l'area di deposito finale, l'evento del 2005 mostra un I_{dep} pari a 75%, il materiale si deposita a valle ricalcando quasi integralmente l'area di deposito dell'evento reale. L'analisi del fenomeno del 2001 mostra un valore di I_{dep} più basso e pari a circa il 60%.

La metodologia proposta, tarata con successo sui due eventi reali, può essere facilmente esportata su area vasta per le analisi di suscettibilità e pericolosità e consente di rafforzare la resilienza del territorio ai rischi legati alle colate rapide di detrito.

Bibliografia

- BAEZA, COROMINAS 2001 - C. BAEZA, J. COROMINAS, *Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques*, in «Earth Surface Processes Landforms», 2001, 26, pp. 1251-1263.
- BAUM, SAVAGE, GODT 2002 - R.L. BAUM, W.Z. SAVAGE, J.W. GODT, *TRIGRS-A FORTRAN program for transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis*, in «US Geological Survey Open-File Report 02-0424», 2002, pp. 1-81.
- BORRELLI ET ALII 2012 - L. BORRELLI ET ALII, *Suscettibilità alle frane superficiali veloci in terreni di alterazione: un possibile contributo della modellazione della propagazione*, in «Rendiconti Online Società Geologica Italiana», 2012, 21, pp. 534-536.
- BORRELLI, CIURLEO, GULLÀ 2018 - L. BORRELLI, M. CIURLEO, G. GULLÀ, *Shallow landslide susceptibility assessment in granitic rocks using GIS-based statistical methods: the contribution of the weathering grade map*, in «Landslides», 2018, 15, pp. 1127-1142.
- CASCINI 2015 - L. CASCINI, *Geotechnics for urban planning and land use management*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2015, 49, pp. 7-62.
- CASCINI, CIURLEO, DI NOCERA 2017 - L. CASCINI, M. CIURLEO, S. DI NOCERA, *Soil depth reconstruction for the assessment of the susceptibility to shallow landslides in fine-grained slopes*, in «Landslides», 2017, 14, pp. 459-471.
- CIURLEO, CALVELLO, CASCINI 2016 - M. CIURLEO, M. CALVELLO, L. CASCINI, *Susceptibility zoning of shallow landslides in fine grained soils by statistical methods*, in «Catena», 2016, 139, pp. 250-264.
- CIURLEO, CASCINI, CALVELLO 2017 - M. CIURLEO, L. CASCINI, M. CALVELLO, *A comparison of statistical and deterministic methods for shallow landslide susceptibility zoning in clayey soils*, in «Engineering Geology», 2017, 223, pp. 71-81.
- CIURLEO, MANDAGLIO, MORACI 2019 - M. CIURLEO, M.C. MANDAGLIO, N. MORACI, *Landslide susceptibility assessment by TRIGRS in a frequently affected shallow instability area*, in «Landslides», 2019, 16, pp. 175-188.
- CIURLEO ET ALII 2019 - M. CIURLEO ET ALII, *A method to evaluate debris flow triggering and propagation by numerical analyses*, in F. CALVETTI ET ALII (a cura di), *Research for Land Protection and Development*, Atti della Conferenza Nazionale dei Ricercatori di Ingegneria Geotecnica *Geotechnical, Research for Land Protection and Development* (Lecco, 3-5 Luglio 2019), Springer, Cham 2019, pp. 33-41, https://doi.org/10.1007/978-3-030-21359-6_4 (ultimo accesso 26 ottobre 2019).
- FELL ET ALII 2008 - R. FELL ET ALII, *Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes*, in «Engineering Geology», 2008, 102, pp. 85-98.
- GCO 1988 - GCO, *Geoguide 3: guide to rock and soil descriptions. Geotechnical Control Office (GCO)*, Civil Engineering Services Department, Hong Kong 1988.
- GIOFFRÈ ET ALII 2016 - D. GIOFFRÈ ET ALII (a cura di), *Numerical code calibration for the back analysis of debris flow runout in southern Italy, in Landslides and Engineered Slopes. Experience, theory and practice*, Atti del 12° Simposio Internazionale sulle frane (Napoli, 12-19 Giugno 2016), Taylor & Francis Group CRC Press, London 2018, pp. 991-997.
- GIOFFRÈ ET ALII 2017 - D. GIOFFRÈ ET ALII, *Evaluation of rapid landslide impact forces against sheltering structures*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2017, 3, pp. 79-91.
- GODT ET ALII 2008 - J.W. GODT ET ALII, *Transient deterministic shallow landslide modeling: requirements for susceptibility and hazard assessments in a GIS framework*, in «Engineering Geology», 2008, 102, pp. 214-226.

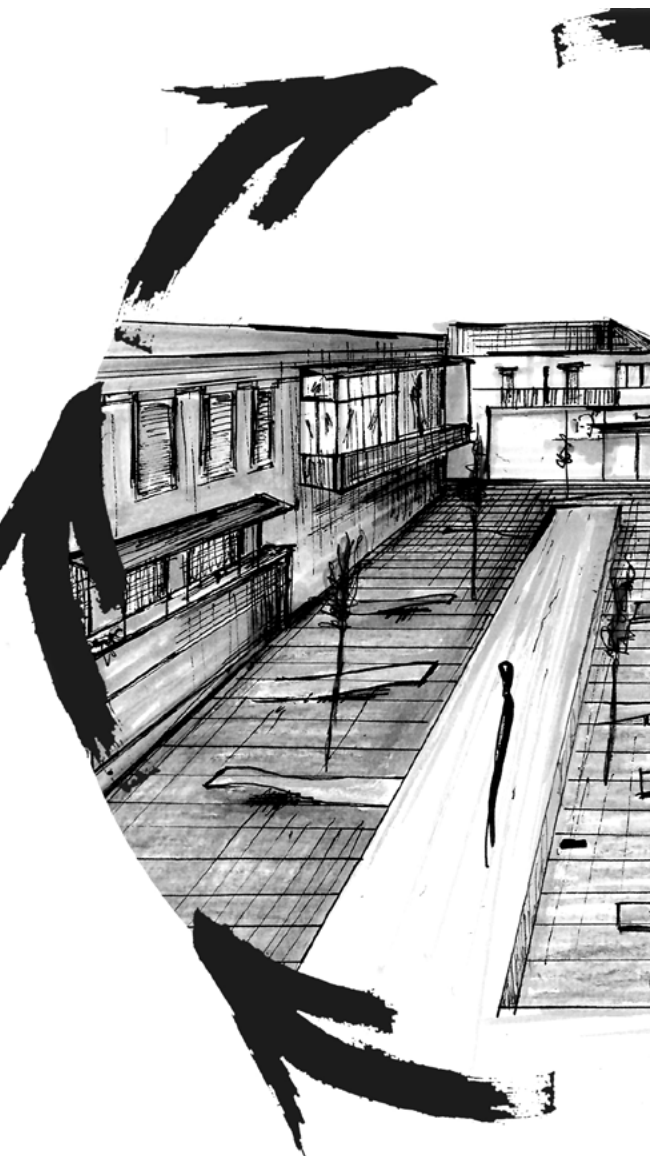
- HUNGR 1995 - O HUNGR, *A model for the runout analysis of rapid flow slides, debris flows and avalanches*, in «Canadian Geotechnical Journal», 1995, 32, pp. 610-623.
- HUNGR, LEROUÉIL, PICARELLI 2014 - O. HUNGR, L. PICARELLI, S. LEROUÉIL, *The Varnes classification of landslides-an update*, in «Landslides», 2014, 11, pp. 167-194.
- IVERSON 2000 - R.I. IVERSON, *Landslide triggering by rain infiltration*, in «Water Resources Research», 2000, 36, pp. 1897-1910.
- LEE, PARK 2016 - J.H. LEE, H.J. PARK, *Assessment of shallow landslide susceptibility using the transient infiltration flow model and GIS-based probabilistic approach*, in «Landslides», 2016, 13, pp. 885-903.
- MANDAGLIO ET ALII 2015 - M.C. MANDAGLIO ET ALII (a cura di), *Susceptibility analysis of rapid flow-slides in southern Italy*, Atti del Convegno Internazionale *International Symposium on Geohazards and Geomechanics* (Warwick, 10 -11 settembre 2015), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Warwick 2015.
- MANDAGLIO ET ALII 2016 - M.C. MANDAGLIO ET ALII, *Qualitative landslide susceptibility assessment in small areas, in Geotechnical Engineering in Multidisciplinary Research: from Microscale to Regional Scale*, Atti della VI Conferenza Nazionale dei ricercatori di Ingegneria Geotecnica (Bologna, 22-23 settembre), Science direct Procedia Engineering Elsevier, Bologna 2016, pp. 440-445.
- MORACI ET ALII 2017 - N. MORACI ET ALII, *Debris flow susceptibility zoning: an approach applied to a study area*, in «Rivista Italiana di Geotecnica», 2017, 2, pp. 47-62.
- PARK, LEE, WOO 2013 - H.J. PARK, J.H. LEE, I. WOO, *Assessment of rainfall-induced shallow landslide susceptibility using a GIS-based probabilistic approach*, in «Engineering Geology», 2013, 161, pp. 1-15.
- PASTOR ET ALII 2009 - M. PASTOR ET ALII, *A depth integrated coupled SPH model for flow-like landslides and related phenomena*, in «International Journal for Numerical and Analytical Methods in «Geomechanics», 2009, 33/2, pp. 143-172.
- PIERSON, COSTA 1987 - T.C. PIERSON, J.E. COSTA, *A rheologic classification of subareal sediment flows*, in J.E. COSTA, WIECZORECK (eds), *Reviews in engineering geology. VII Debris flow/Avalanches: process, recognition and mitigation*, vol 7. Geological Society of America, Boulder, Colorado 1987, pp. 1-12.
- SALCIARINI, GODT, SAVAGE 2006 - D. SALCIARINI, J.W. GODT, W.Z. SAVAGE, *Modeling regional initiation of rainfall induced shallow landslides in the eastern Umbria Region of central Italy*, in «Landslides», 2006, 3, pp. 181-194.
- SCHILIRÒ, ESPOSITO, SCARASCIA MUGNOZZA 2015 - L. SCHILIRÒ, C. ESPOSITO, G. SCARASCIA MUGNOZZA, *Evaluation of shallow landslide triggering scenarios through a physically based approach: an example of application in the southern Messina area (north eastern Sicily, Italy)*, in «Natural Hazards Earth System Science», 2015, 15, pp. 2091-2109.
- SOETERS, VAN WESTEN 1996 - R. SOETERS, C.J. VAN WESTEN, *Slope instability recognition, analysis and zonation*, in A.K. TURNER, R.L. SCHUSTER (a cura di), *Landslides, investigation and mitigation (Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247)*, National Academy Press, Washington D.C., USA 1996, pp. 129-177.
- SORBINO, SICA, CASCINI 2010 - G. SORBINO, C. SICA, L. CASCINI, *Susceptibility analysis of shallow landslides source areas using physically based models*, in «Natural Hazards», 2010, 53, pp. 313-332.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini



ArchistoR EXTRA

Living in Fragility: Strategies for Securing Existing Buildings

Alberto De Capua, Valentina Palco
adecapua@unirc.it, valentina.palco@unirc.it

The themes of energy saving and sustainability head the list of all the policy statements on development, issued by governments throughout Europe and many other countries in the world.

We are forever being called upon to change our lifestyle and our ideas of well-being that are causing an exaggerated and ever increasing waste of energy and resources, while the overall impact of the human species on natural systems continues to grow.

Even the construction sector which apparently seems to have a secondary role, due to the fact that it "generates" production, consumption and services, but also because it is subject to other types of pollution, is in reality of central interest and, rightly, can be given a primary role.

The most recent regulations invite us to "build in a sustainable way", re-appropriating the set of themes that have been forgotten for too long such as the direct relationship with the natural system on which we intervene. Recent legislation also encourages us to optimize material and technical-constructive characteristics relating to safety, to use passive systems in order to make buildings functional and to employ natural air conditioning.

Safeguarding our country from all points of view is now a duty. Being aware of the risks is a necessary prerequisite to ensure the safety of the inhabitants of a territory. This awareness must be channeled into an individual and collective responsibility, and into the programming of strategies which will prove to be decisive for the community.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR187



Abitare la fragilità: strategie per la messa in sicurezza del patrimonio edilizio esistente

Alberto De Capua, Valentina Palco

Negli ultimi decenni tutto ciò che ha a che fare con il progetto di architettura, dalle scelte materiali alle tecnologie utilizzate si è dovuto confrontare con il termine sostenibilità¹, il cui significato, nonostante si cerchi di collocarlo in un apparato definitorio univoco assume sempre sfumature e significati differenti. A dispetto di ciò ha comunque universalmente generato, nella società, la consapevolezza che lo stile di vita assunto avrà una ricaduta drammatica sulle generazioni a venire.

In un pianeta sempre più fragile un'attenzione alle problematiche dell'ambiente è una strada obbligata, ma ciò sembra aver perso il suo slancio innovativo, spesso soggetto più a ragioni consumistiche che a una reale volontà di migliorare la condizione dell'uomo. Specie se consideriamo l'innovazione come trasferimento tecnologico finalizzato non esclusivamente a risolvere i problemi di oggi, ma secondo un'ottica rapportata a scenari futuri.

Coerentemente ed in linea con quanto indicato nell'Obiettivo 11 di Agenda 2030: *Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili*. Il testo vuole affrontare il tema della fragilità e quindi della sicurezza del patrimonio edilizio esistente al fine di coniugare i processi di

Nell'ambito di una comune redazione del saggio, il paragrafo introduttivo è da attribuire ad Alberto De Capua, gli altri sono da attribuire a Valentina Palco.

1. DE CAPUA 2019.

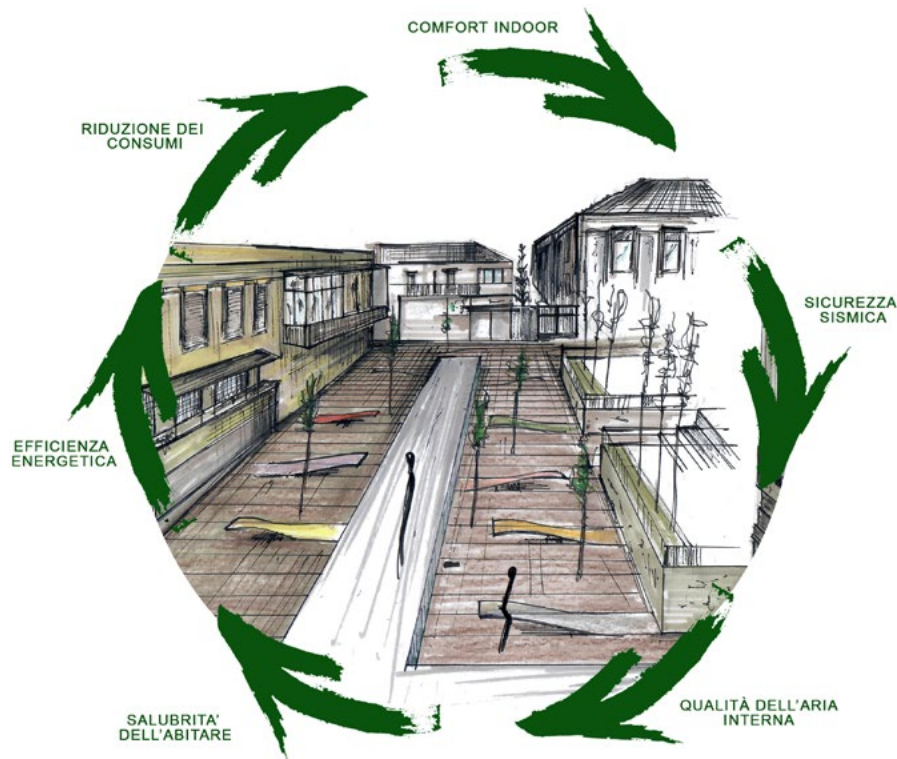


Figura 1. Abitare la fragilità sismica ed energetica del patrimonio edilizio esistente (foto di C. Amoruso, elaborazione grafica a cura di V. Palco e A. De Capua).

verifica e di garantire la compatibilità dei temi di più interesse nel settore edilizio: la sicurezza sismica e la qualità ambientale². Temi, oggi, di grande attualità per le implicazioni socio-tecniche che hanno non solo sull'attività del costruire e sulla messa in sicurezza dell'intero territorio nazionale ma anche sugli effetti che tali fenomeni hanno sui cittadini.

Il presente contributo è l'esito di una serie di ricerche che da qualche anno gli autori portano avanti sui temi del recupero sostenibile del costruito dal punto di vista sociale, energetico e sismico, tra questi si cita la tesi di dottorato *Abitare la fragilità*³.

2. DE CAPUA 2002a.

3. PALCO 2019.

Oggi non possiamo più rinunciare ad orientare le scelte tecniche verso condizioni di abitabilità accettabili. Coniugare interventi di recupero sismico e riqualificazione con i problemi del controllo della qualità ambientale è una sfida davvero difficile e sarà sicuramente un tema a cui dedicare particolare attenzione nei prossimi anni. Sempre più spesso assistiamo all'abbandono di centri minori⁴ a causa della necessità di adeguare la preesistenza alle norme sismiche o agli standard abitativi, al manifestarsi di patologie dovute al naturale decadimento prestazionale degli elementi tecnici che obbliga gli abitanti alle condizioni di vivibilità insufficienti e alla difficoltà di ovviare a tali condizioni a causa dei vincoli che impone il tessuto storico che poco si presta ad accogliere le trasformazioni necessarie.

La scelta di voler collegare due temi così apparentemente lontani, ricade sicuramente sui continui allarmi che non hanno prodotto una svolta. Negli ultimi anni l'UE ha prodotto grandi sforzi finanziari per aumentare il livello di sostenibilità delle nostre città e nel bilancio 2014-2020 oltre il 5% del Fondo europeo di sviluppo regionale è stato destinato allo sviluppo urbano sostenibile⁵. Tali risorse sono state principalmente indirizzate verso l'efficienza energetica e le misure a basse emissioni di carbonio, tuttavia, sono stati fatti meno sforzi per ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici esistenti. Ne consegue che, la sostenibilità delle città situate in aree sismiche rimane inadeguata, essendo la maggior parte di edifici ed infrastrutture insufficientemente resistenti al sisma.

Un esempio di innovazione tecnologica applicata al patrimonio architettonico esistente è la nuova struttura di isolamento sismico sviluppata dal professore Paolo Clemente (ENEA) e dal Politecnico di Torino, nella sede del municipio: palazzo Madama Margherita a L'Aquila, che risolve la questione sismica alla base.

L'idea proposta è la realizzazione di una piattaforma isolata sotto al piano delle fondazioni di un singolo edificio o di un aggregato strutturale di dimensioni anche grandi. Quest'ultima è una situazione tipica dei nostri centri storici. Da una trincea scavata al lato dell'area di interesse, dove viene realizzata un'apposita struttura di contrasto, si inseriscono tubi in orizzontale per tutta la lunghezza interessata dall'intervento. Successivamente si crea un piano di discontinuità in corrispondenza del piano diametrale orizzontale, in corrispondenza del quale vengono inseriti i dispositivi di isolamento sismico⁶.

4. DE CAPUA 2002b; DE GAETANO 2018.

5. Quanto citato è contenuto in *Note tematiche sull'Unione Europea*:

<http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/about-theaward/policy-guidance/>; 2016 (ultimo accesso 30 ottobre 2017); European Commission. Available Budget 2014-2020, http://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/available-budget/; 2016 (ultimo accesso 30 ottobre 2017); European Commission (2010) *Energy-efficient Buildings PPP. Multi-annual Roadmap and Longer Term Strategy*, Belgium, European Union.

6. CLEMENTE, DE STEFANO, BARLA - Progetto ENEA di adeguamento sismico su edifici esistenti - palazzo Margherita a L'Aquila.

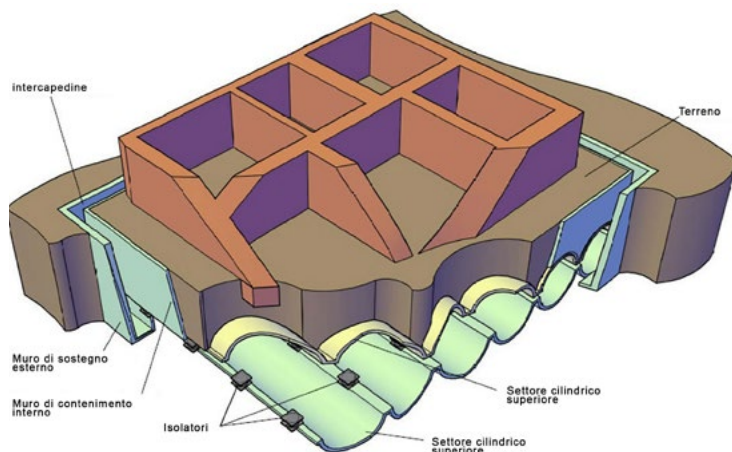


Figura 2. Paolo Clemente, Alessandro De Stefano, Giovanni Barla, L'Aquila, palazzo Madama Margherita, spaccato assometrico, adeguamento antisismico. Progetto ENEA, https://www.casaportale.com/public/uploads/45708_Isolamento%20sismico%20ENEA-POLITO.pdf (ultimo accesso 21 febbraio 2019).

Si tratta quindi di interporre fra la fondazione che rimane ancorata al suolo e l'edificio in elevazione, dei dispositivi di isolamento sismico, che filtrano le azioni sismiche permettendo all'edificio stesso di non danneggiarsi. Tuttavia, esistono molti limiti che non permettono di intraprendere azioni combinate di adeguamento (energetico e sismico), soprattutto per gli edifici di pregio storico del patrimonio architettonico residenziale presente nel territorio italiano, di natura tecnica, finanziaria e organizzativa.

In Italia il settore domestico e terziario è quello che consuma più energia, pari al 38,2% della domanda complessiva⁷. La maggior parte degli edifici italiani è caratterizzata, quindi da una domanda per il consumo di energia elettrica impiegata per il riscaldamento annuale compresa tra 140 e 220 kWh/mq⁸: significativamente oltre i limiti stabiliti dalle leggi vigenti. Secondo il Bilancio Energetico Nazionale 2015, in Italia circa il 75% della domanda di energia elettrica è a carico dei combustibili fossili.

I miglioramenti energetici sono oggi obbligatori in Italia quando vengono effettuati importanti lavori di ristrutturazione. In particolare, quando le attività di ristrutturazione coinvolgono più del 25%

7. *Seismic and energy renovation measures for sustainable cities: a critical Seismic and energy renovation*, https://www.researchgate.net/publication/322619747_Seismic_and_Energy_Renovation_Measures_for_Sustainable_Cities_A_Critical_Analysis_of_the_Italian_Scenario (ultimo accesso 20 febbraio 2018).

8. RAEE 2015 (Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica è stato curato dall'Unità Tecnica Efficienza Energetica dell'ENEA sulla base delle informazioni e dei dati disponibili al 30 aprile 2015).

dell'involucro dell'edificio, la trasmittanza termica (U) dell'involucro e l'efficienza dell'impianto di riscaldamento e raffreddamento, devono essere notevolmente migliorate (Decreto Interministeriale 26.6.2015): «Sebbene in Italia la normativa riguardante l'efficientamento energetico del patrimonio architettonico urbano sia molto evoluta, come si è potuto desumere da quanto sopra scritto, per quanto concerne la vulnerabilità del patrimonio edilizio si sta ancora lavorando molto, seppure molti passi avanti sono stati messi a punto»⁹.

La proposta

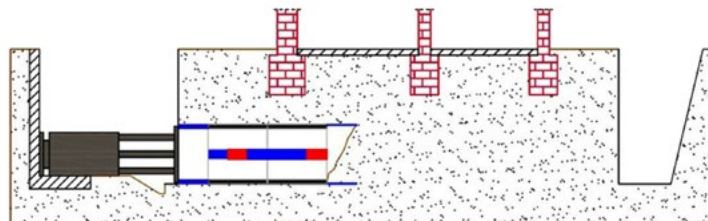
Il lavoro di ricerca, vuole individuare mezzi e metodologie attraverso i quali i due settori che monitorano e valutano le costruzioni sicure ed efficientemente passive, possano considerarsi inscindibili, partendo dal punto di vista che l'attuale separazione, ha aumentato la quantità dei vincoli, delle contraddizioni, delle discrezionalità, dei disagi e della lentezza burocratica sicuramente non a vantaggio del benessere e della sicurezza reale degli utilizzatori finali.

L'obiettivo è il rinnovamento dell'apparato di guida e controllo delle attività di tutela, uso e permanenza degli edifici. Un intervento che mette a sistema gli strumenti presenti ed utilizzati oggi per controllare e monitorare le performance degli edifici sia in termini di efficientamento energetico sia in termini di sicurezza sismica. Uno strumento con nuovi indici non presenti negli attuali strumenti valutativi (finora scissi), e nuove prestazioni finalizzate al raggiungimento di condizioni di benessere e sicurezza in rapporto alle tipologie e le tecnologie costruttive dell'organismo edilizio.

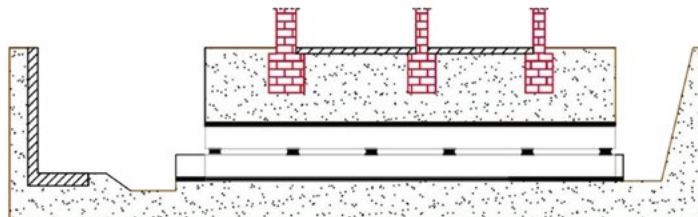
I principi fondamentali dello strumento proposto sono:

- adozione di livelli qualitativi, chiari, misurabili anche se non sempre svincolati da specifici riferimenti costruttivi, e controllabili in modo sistematico;
- l'attribuzione al tecnico responsabile del monitoraggio e al progettista dell'adeguamento, la responsabilità di garantire la rispondenza dei progetti e delle opere realizzate ai requisiti contenuti nelle normative relative, con la possibilità di effettuare controlli (attraverso *check list*) sostanziali sull'opera realizzata;
- la esplicitazione di tutte le prestazioni caratteristiche (requisiti cogenti e raccomandati) dell'unità immobiliare o intero organismo edilizio, mediante un nuovo software di controllo;
- monitoraggio della manutenzione dell'immobile da parte dell'utenza.

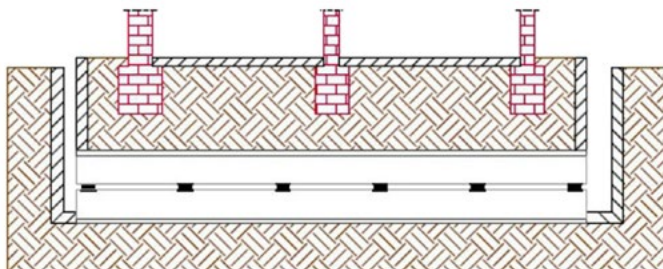
9. LA GRECA, MARGANI 2018, p. 97.



Scavo della trincea e inserimento tubi



Inserimento degli isolatori



Realizzazione di pareti doppie verticali lungo i quattro lati dell'edificio e irrigidimento del terreno e/o realizzazione di connessioni rigide tra struttura e sistema di isolamento.

Figura 3. Paolo Clemente, Alessandro De Stefano, Giovanni Barla, L'Aquila, palazzo Madama Margherita, connessione rigida tra struttura e sistema di isolamento. Progetto ENEA, https://www.casaportale.com/public/uploads/45708_Isolamento%20sismico%20ENEA-POLITO.pdf (ultimo accesso 21 febbraio 2019).

Fino ad oggi per adeguare un edificio sia energeticamente che sismicamente è indispensabile, o meglio dire obbligatorio, servirsi di strumenti di controllo separati e diversi tra loro. Si tratta quindi, di uscire dalla fase attuale, per cercare di rendere disponibile uno strumento di valutazione della qualità (sismica ed energetica) *ex ante* ed *ex post* adeguamento, dell'organismo edilizio considerato.

Questo strumento nuovo, non vuole settorializzare le competenze di esperti tecnici che ne faranno uso, al contrario si vuole realizzare un approccio interdisciplinare e multidisciplinare, codificato in uno strumento unitario, definito da chi poi opererà i singoli interventi disciplinari di normazione e controllo.

Lo “strumento tipo” si esprime attraverso una serie di prestazioni e requisiti minimi che devono essere possedute dagli edifici per avere accesso alle azioni di adeguamento, una volta applicate le azioni necessarie per rendere soddisfacenti tali prestazioni, si dichiara che lo stesso è conforme ad un uso interno sano e sicuro. Appare chiara quindi la necessità di individuare, in accordo con le amministrazioni locali ed i vari settori di riferimento, delle figure professionali esperte, che facilitino le azioni di adeguamento sfoltendo i lunghi tempi burocratici di accesso alle autorizzazioni di progetto, che controllino in maniera attenta le azioni di intervento e che attestino a fine ciclo, le prestazioni raggiunte dell’unità immobiliare/edificio interessato di modo che sia possibile accedere alle varie fonti di credito statale esistenti di supporto alle azioni sopra citate.

Il territorio nazionale è fragile, così come tutto il patrimonio edilizio esistente. Ripercorrendo la storia che ha caratterizzato il territorio italiano, si evince che nel corso del tempo, soprattutto le costruzioni, hanno dimostrato un grado di resilienza insufficiente. Infatti, è sempre stata necessaria un’evoluzione della normativa tecnica che potesse dare indicazioni precise per evitarne il collasso di determinate parti della struttura, o un aggiornamento della pianificazione strategica che potesse fornire al cittadino indicazioni precise su dove fosse opportuno costruire e quale il tragitto migliore da seguire in caso di rischio, così da mitigarne i danni¹⁰.

Si evince la necessità di precisare che la fragilità è una caratteristica, che purtroppo in Italia, interessa molti territori in termini di difficoltà di accessibilità, pianificazione urbana desueta, e progettazione delle infrastrutture confusa. Inoltre, il nostro Paese, a causa della sua conformazione geologica, geomorfologica e idrografica, è già in partenza predisposta a fenomeni di dissesto. Spiegare il termine “fragilità” dunque diventa abbastanza semplice: fragile è tutto ciò che reca a chi abita uno spazio, sia esso confinato che viceversa, danni o disagi in caso di rischio naturale. Fragile è un edificio che non si inserisce in un contesto ambientale ma che lo deturpa, che compromette la vita di chi lo abita perché poco resistente alle forze telluriche.

“Abitare la fragilità” significa acquisire la consapevolezza di essere “ospiti” di un sistema che ci è stato dato in eredità e che lasceremo in eredità a nostra volta. Significa prenderci cura del territorio progettando e realizzando spazi che ci fanno vivere bene seppur inseriti in un contesto a rischio.

10. In caso di terremoto il Giappone si affida alla “tecnologia” e alla “risposta rapida”. Su tutto il paese sono distribuito mille sismografi, i rilevatori non appena si scatena l’energia sismica, registrano le onde più veloci permettendo l’attivazione di sensori che disattivano tutti gli ascensori presenti negli edifici, e bloccano sul “rosso” i semafori. Attraverso applicazioni presenti su smartphone, a tutti i cittadini è permesso di raggiungere le zone di raccolta più vicine attraverso l’indicazione delle vie di fuga precedentemente configurate.

Dobbiamo renderci conto che affrontiamo il problema solo in emergenza e quando i disastri non sono più rimediabili. E in mancanza di aggiustamenti tempestivi ed efficaci, la svolta verso un nuovo equilibrio sostenibile verrebbe imposta da tali disastri. Una politica sostenibile che dovrà sottoporsi alla fatica dell'intreccio tra aspetti sociali, economici, legislativi, amministrativi, scientifici, ambientali.

Conclusioni

L'unica strada percorribile è quella ormai auspicata da più parti, ricorrendo a soluzioni appropriate per il recupero sismico degli edifici utilizzando tecnologie sicure e più efficienti in modo da richiedere poca energia per garantire il comfort. Questo approccio è indispensabile e non più procrastinabile¹¹.

E per avviare tale processo siamo davanti ad un bivio:

«scegliere la via dell'ulteriore artificializzazione e tecnicizzazione del mondo dominando la natura e gli uomini o invece tentare di congedarci dalla corsa verso il più grande, più alto, più forte, più veloce sviluppo per rielaborare gli elementi di una civiltà più moderata e più tollerabile nel suo impatto verso la natura, verso i settori più poveri dell'umanità, verso le future generazioni e verso la stessa biodiversità degli esseri viventi»¹².

Mai una generazione ha avuto tanta responsabilità e tanto potere quanto la nostra, avendo nelle sue mani la stessa decisione se lasciar continuare la successione di generazioni o se interromperla o metterla comunque assai pericolosamente a repentaglio. Se non siamo in grado di trovare oggi sufficienti ragioni per volere un futuro non vi potrà essere alcuna teoria che riuscirebbe a convincere larghe moltitudini di gente a rinunciare a qualcosa pur di lasciare un mondo non ridotto all'osso a chi verrà dopo di noi.

11. BUTERA 2014.

12. FALOPPA 2016, p. 14.

Bibliografia

BUTERA 2014 - F. BUTERA, *Dalla caverna alla casa ecologica. Storia del confort e dell'energia*, Edizioni Ambiente, Milano 2014.

CAMPIOLI, LAVAGNA 2013 - A. CAMPIOLI, M. LAVAGNA, *Tecniche e Architettura*, Città studi, Novara 2013.

DE CAPUA 2002a - A. DE CAPUA, *Nuovi paradigmi per il progetto sostenibile. Contestualità, Adattabilità, Durata, Dismissione*, Gangemi, Roma 2002.

DE CAPUA 2002b - A. DE CAPUA, *Recupero e requisito di igiene degli spazi interni*, in A. NESI (a cura di), *Normativa tecnica locale per il progetto dell'esistente premoderno. Strategie per il controllo tecnico delle azioni di recupero nei centri storici minori della Calabria*, Gangemi, Roma 2002, p. 58.

DE CAPUA 2019 - A. DE CAPUA, *A Reflection on the Sustainable Architecture Project*, in *Urban Studies and Public Administration*, 2019, 2/3, pp. 180-185, <http://www.scholink.org/ojs/index.php/usp/article/view/2199> (ultimo accesso 26 maggio 2019).

DE GAETANO 2018 - A. DE GAETANO, *La Città Nascosta: Reggio Calabria*, tesi di dottorato di ricerca in Architettura e Territorio, Dipartimento di Architettura e Territorio (dArTe), Università Mediterranea di Reggio Calabria, XXX ciclo. tutor. prof. A. De Capua.

GALDERISI 2002 - A. GALDERISI, *Città e Terremoti. Metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*, Dipartimento di Pianificazione e Scienza del territorio, Università degli Studi di Napoli Federico II, Gangemi, Roma 2002.

GUIDOBONI, MULARGIA, TETI 2015 - E. GUIDOBONI, F. MULARGIA, V. TETI (a cura di), *Prevedibile / Imprevedibile. Eventi estremi nel prossimo futuro. Italia*, Rubbettino, Soveria Mannelli 2015.

LA GRECA, MARGANI 2018 - P. LA GRECA, G. MARGANI, *Seismic and energy renovation measures for sustainable cities: a critical analysis of the Italian scenario*, in *Seismic and Energy Renovation for Sustainable Cities*, Edicom, Catania 2018, pp. 93-104.

MEZZI, PARDUCCI, VERDUCCI 2004 - M. MEZZI, A. PARDUCCI, P. VERDUCCI, *Architectural and structural configurations of buildings with innovative aseismic systems*, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering (Vancouver, B.C., Canada August 1-6), Paper n. 1318, <http://www.curee.org/architecture/docs/13WCEE001318.pdf>. (ultimo accesso 16 aprile 2019).

PALCO 2019 - V. PALCO, 2019, *Abitare la fragilità. Nuovi indicatori per la classificazione sismica degli edifici*, tesi di dottorato di ricerca in Architettura e Territorio, Dipartimento di Architettura e Territorio (dArTe), Università Mediterranea di Reggio Calabria, XXXI ciclo, tutor. prof. A. De Capua, co-tutor prof. A. Santini.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici,
tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Modello energetico con “ritardo” per una crescita economica sostenibile: alcune osservazioni nello spirito di Horizon 2020

Massimiliano Ferrara, Mariangela Gangemi, Luca Guerrini,
Bruno Antonio Pansera
massimiliano.ferrara@unirc.it, mariangela.gangemi@unirc.it,
luca.guerrini@univpm.it, bruno.pansera@unirc.it

La ricerca dei principi di base per i modelli della crescita economica è oggi una nuova e ardua sfida che è stata oggetto di numerose indagini. Dal 1862 Spencer ha sostenuto che la crescita economica delle società dipende dalla loro capacità di sfruttare le crescenti quantità di energia. Di conseguenza, la quantità di energia che una società consuma diventa uno strumento economico per misurare il suo progresso e quindi l'accumulazione di capitale rappresenta un'importante strategia per il processo di crescita. In particolare, il modello di Solow, che riguarda la funzione di produzione aggregata, ha dato un contributo importante alla teoria della crescita economica, soprattutto perché è stato dimostrato che è in grado di spiegare le differenze tra paesi del PIL per lavoratore. Tuttavia, come discusso in Dalgaard e Strulik, potrebbe essere più appropriata la derivazione di una legge del moto per il capitale senza ricorrere all'esistenza di una funzione di produzione aggregata. L'obiettivo principale di questo studio è di fare luce su quali effetti possono produrre i ritardi in un'economia, considerata come una rete di trasporto per l'energia, in cui la legge del movimento del capitale si verifica con un ritardo distribuito. Con questo lavoro si individuano condizioni necessarie e sufficienti in base alle quali uno stato stazionario perde stabilità e le dinamiche oscillatorie emergono attraverso le biforcazioni Hopf.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR188



Distributed Time Delay Energy Model for Sustainable Economic Growth: Some Remarks in the Spirit of Horizon 2020

Massimiliano Ferrara, Mariangela Gangemi, Luca Guerrini, Bruno Antonio Pansera

In the last decade, many researchers applied certain principles of physics and biology in order to create a model of the law of motion for capital per worker¹. In the West² the authors introduced a growth model for living tissue which was derived by assuming that energy is required by cells for their survival and reproduction (thermodynamics conservation principle), assuming that the capital stock increases if total energy expenditure exceeds the energy costs. One of the fundamental principles is Kleiber's law³, which collates the correlation between the energy consumption of biological organisms (basal metabolism) and their energy requirements (body mass). Following these principles, biological systems are viewed as energy transporting networks and Kleiber's law models the diffusion and absorption of energy. All of the previous fundamental laws refer to biological networks that were developed through natural selection, which produced more efficient networks. In Bettencourt⁴ the authors have applied these principles to artificial networks with the aim of discovering universal

1. See WEST, BROWN, ENQUIST 1997, pp. 122-126; BANAVAR, MARITAN, RINALDO 1999, pp. 130-132; WEST, BROWN, ENQUIST 1999, pp. 1677-1679; BANAVAR, MARITAN, RINALDO 2002, pp. 10506-10509.

2. WEST BROWN, ENQUIST 2001, pp. 628-631.

3. KLEIBER 1932, pp. 315-332.

4. BETTENCOURT *ET ALII* 2007, pp. 7301-7306.

laws with applications to human societies. In Banavar, Dalgaard and Strulik⁵ mathematical models have been developed for an economy viewed as a transport network for energy. In these models, the energy consumption per worker is seen as the counterpart to metabolism, and capital per worker as the counterpart to body size. In order to describe a distributed time delay energy model for sustainable economic growth, it needs to be attributed to geographically dispersed sites where investments are deemed profitable and the sustainable aspects are more relevant. In this research, we present a model inspired by Dalgaard and Strulik⁶.

This research field was pioneered by Domar and Solow⁷, who analysed the growth process where physical capital accumulation is seen as a key growth engine. The authors discovered fundamental structural characteristics which improve labour productivity, in the long run, focusing their attention on: savings, population growth, technological change and more. The main result in this study is that the previous factors importantly affect the ability of an economy to mobilise resources for the purpose of capital accumulation. These facts are far from basic neoclassical growth theory abstracts which declare that it makes little sense to acquire a piece of machinery, at a particular time and place, unless the machine can be supplied with electricity and put it to use. In fact, these applications underline that an economy is able to distribute electricity across the economy to the sites where investments are deemed profitable.

Aim of the Research

Energy and food security, health and transport are the main objectives of Horizon 2020, the European Union's new funding programme, launched on 2014, and the way to attain these goals is through focusing on research and innovation. "Secure, clean and efficient energy" is one of the objectives set out by Horizon 2020 in order to face up to "social challenges" and achieve "a reliable, sustainable and competitive energy system in the face of increasingly scarce resources, increasing energy needs and climate change". Energy is the core element at the heart of a number of different objectives, with the programme also focusing on "smart, green and integrated transport" and "climate action, resource efficiency and raw materials". These aims are considered crucial for sustainable

5. BANAVAR, MARITAN, RINALDO 1999; DALGAARD, STRULIK 2011.

6. See at note 5.

7. DOMAR 1946, pp. 137-147; SOLOW 1956, pp. 65-94.



Figure 1. Economic Growth, <https://www.filodiritto.com/innovative-entrepreneurship-economic-growth-european-union> (accessed 15 March 2019).

development in Europe and intrinsically connected with innovation and research in energy, and in particular in electricity. Innovation and research have been two of many actors with distinguishing traits for many years now, complementing their activities across the globe with initiatives and projects in which sustainability and energy efficiency are brought together with competitiveness and the fight against climate change. In this paper, we are going to introduce a modified growth model by considering some new element of analysis towards a new vision including tools relevant in the optic of Horizon 2020: energy and in particular electricity. The challenge of a sustainable approach towards Horizon 2020 is to elaborate a strategic and profound development plan for the low innovator (following EU terminology) and low developed regions, such as Calabria. The aim of our study is to promote a theoretical model by which we will be able to extend successively in a computational and experimental way.

The Model

Research in the natural sciences by West and Banavar⁸ modelled biological organisms as an energy distributing networks to verify a statistical finding in biology, known as Kleiber's law⁹, which states the correlation between the energy consumption of biological organisms (basal metabolism) and their energy requirements (body mass). Dalgaard and Strulik¹⁰ used this concept and include an electricity distribution network into a macroeconomic model by taking electricity consumption per capita to be equivalent to metabolism and capital per capita to be equivalent to body mass. Given the relationship between capital and energy, they were able to obtain the following metabolic-energetic founded law of motion,

$$\dot{k}(t) = \frac{\epsilon}{\nu} [k(t)]^a - \frac{\mu}{\nu} k(t) \quad (1)$$

where $k(t)$ denotes capital stock per capita at any given time t , μ is the energy required to operate and maintain the generic capital good, ν is the energy cost to create a new capital good, a is a

8. See at note 1.

9. See at note 3.

10. DALGAARD, STRULIK 2011, pp. 782-797.

real constant, $0 < a < 1$, proportional to the dimension and efficiency of the network, and $\varepsilon > 0$ is a real constant. Eq. (1) coincides with the structural form of the economist's core model of economic growth, the neoclassical model or Solow growth model¹¹. Accordingly, there exists a unique stable equilibrium to which the economy adjusts.

Bianca¹² generalised the Dalggaard and Strulik¹³ model by assuming the energy conservation equation to be affected by a time delay. As a result, the dynamics of the model became characterised by the following delay differential equation

$$\dot{k}(t) = \frac{\varepsilon}{\nu} [k(t - \tau)]^a - \frac{\mu}{\nu} k(t - \tau) \quad (2)$$

where $\tau > 0$ represents a time delay. Notice that Eqs. (1) and (2) have the same unique equilibrium. Although they look similar, the technique used for their dynamical analysis is different. For (1) the characteristic equation is a polynomial and the fundamental theorem of algebra tells us how many roots (eigenvalues) to expect. For (2) the characteristic equation is transcendental, so there is no theorem about the number of roots, which could be countably infinite. As τ increases, they showed that the stable equilibrium of the neoclassical model becomes a saddle point and endogenous cycles may emerge. Time delays in economic situations can be modelled in two different ways: fixed time delays, suitable when an institutionally or socially determined fixed period of time delay is present for the agents involved, and continuously distributed time delays, applicable when the delay is uncertain or different lengths of delays are distributed over the different agents. Consequently, it is relevant to investigate how the choice of modelling delays and its economic consequences affect the long-run dynamics of the economic variables. Thus, we now reconsider the Dalggaard and Strulik¹⁴ model under the assumption of continuously distributed time delays. In doing so, we arrive at the following model

11. SOLOW 1956.

12. BIANCA, FERRARA, GUERRINI 2013, pp. 139-143.

13. See at note 10.

14. *Ibidem*.

$$\dot{k}(t) = \frac{\epsilon}{\nu} \left[\int_{-\infty}^t g(t-r, S, m) k(r) dr \right]^a - \frac{\mu}{\nu} \int_{-\infty}^t g(t-r, S, m) k(r) dr \quad (3)$$

where m and n are nonnegative integers, S and T are positive real parameters which represent average delays, and the delay kernel g in (3) is given by a gamma-type distribution¹⁵. Parameter $\zeta = S, T$ is associated with the average length of the continuous delay and $l = m, n$ determines the shape of the weighting function. The two special cases are called weak delay kernel and strong delay kernel, respectively. If $\zeta \rightarrow 0$ the gamma-type distribution function approaches the Dirac function. As the shape parameter tends to infinity, one recovers the fixed delay case (2). The dynamic equation (3) is a Volterra type integro-differential equation (i.e. an equation that involves both integrals and derivatives of a function), where the characteristic equation is a polynomial equation with finitely many eigenvalues. Since this law of motion of capital is mathematically isomorphic to the one considered by Guerrini¹⁶, with $\alpha = a$, $s = \epsilon/\nu$ and $\delta = \mu/\nu$, the model shares the technical properties with their model. Therefore, we derive that the model with weaker kernel is more stable than the one with stronger kernel in the sense that the stability region of the former is larger. Moreover, in the limiting case in which the distributed delay converges to the fixed delay, the model with the fixed delay has the smallest stability region. It also proved analytically the existence of a threshold value of the delay such that the model is stable for the delay less than this threshold, and becomes unstable for any delay larger than the threshold. Furthermore, it is numerically demonstrated that a cycle emerges for this threshold value and stability loss and gain may repeat alternatively, implying that the delay has a destabilising effect as well as a stabilising effect. Such duality of the delay does not appear in the fixed delay model.

15. See MACDONALD 1978.

16. GUERRINI, MATSUMOTO, F. SZIDAROVSKY 2019, pp. 234-247.

Bibliography

- BANAVAR, MARITAN, RINALDO 1999 - J.R BANAVAR, A. MARITAN, A. RINALDO, *Size and form in efficient transportation networks*, in «Nature», 1999, 399, pp. 130-132.
- BANAVAR ET ALII 2002 - J.R BANAVAR ET ALII, *Supply-demand balance and metabolic scaling*, in S.A. LEVIN (ed.), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, pp. 10506-10509.
- BETTENCOURT ET ALII 2007 - L.M.A. BETTENCOURT ET ALII, *Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities*, in E. OSTROM (ed.), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104, pp. 7301-7306.
- BIANCA, FERRARA, GUERRINI 2013 - C. BIANCA, M. FERRARA, L. GUERRINI, *Hopf bifurcations in a delayed-energy-based model of capital accumulation*, in «Applied Mathematics & Information Sciences», 2013, 7, pp. 139-143.
- DALGAARD, STRULIK 2007 - C.J. DALGAARD, H. STRULIK, *Rediscovering the Solow model: an energy network approach*, 2011, Discussion Papers 07-09, University of Copenhagen. Department of Economics, <http://www.econ.ku.dk/english/research/publications/wp/2007/0709.pdf/> (accessed 15 March 2019).
- DALGAARD, STRULIK 2011 - C.J. DALGAARD, H. STRULIK, *Energy distribution and economic growth*, in «Resource and Energy Economics», 2011, 33, pp. 782-797.
- DOMAR 1946 - E. DOMAR, *Capital expansion, economic growth and employment*, in «Econometrica», 1946, 14, pp. 137-147.
- GUERRINI, MATSUMOTO, SZIDAROVSKY 2019 - L. GUERRINI, A. MATSUMOTO, F. SZIDAROVSKY, *Neoclassical growth model with multiple distributed delays*, in «Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation», 2019, 70, pp. 234-247.
- KLEIBER 1932 - M. KLEIBER, *Body size and metabolism*, in «Hilgardia», 1932, 6, pp. 315-332.
- MACDONALD 1978 - N. MACDONALD, *Time Lags in Biological Models. Lecture Notes in Biomathematics*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1978.
- SOLOW 1956 - R. SOLOW, *A contribution to the theory of economic growth*, in «Quarterly Journal of Economics», 1956, 70, pp. 65-94.
- SPENCER 1862 - H. SPENCER, *First Principles*, MacMillan, London 1862.
- WEST, BROWN, ENQUIST 1997 - G.B. WEST, J.H. BROWN, B.J. ENQUIST, *A general model for the origin of allometric scaling laws in biology*, in «Science» 1997, 276, pp. 122-126.
- WEST, BROWN, ENQUIST 1999 - G.B. WEST, J.H. BROWN, B.J. ENQUIST, *The fourth dimension of life: fractal geometry and allometric scaling of organisms*, in «Science», 1999, 284, pp. 1677-1679.
- WEST, BROWN, ENQUIST 2001 - G.B. WEST, J.H. BROWN, B.J. ENQUIST, *A general model for ontogenetic growth*, in «Nature», 2001, 413, pp. 628-631.



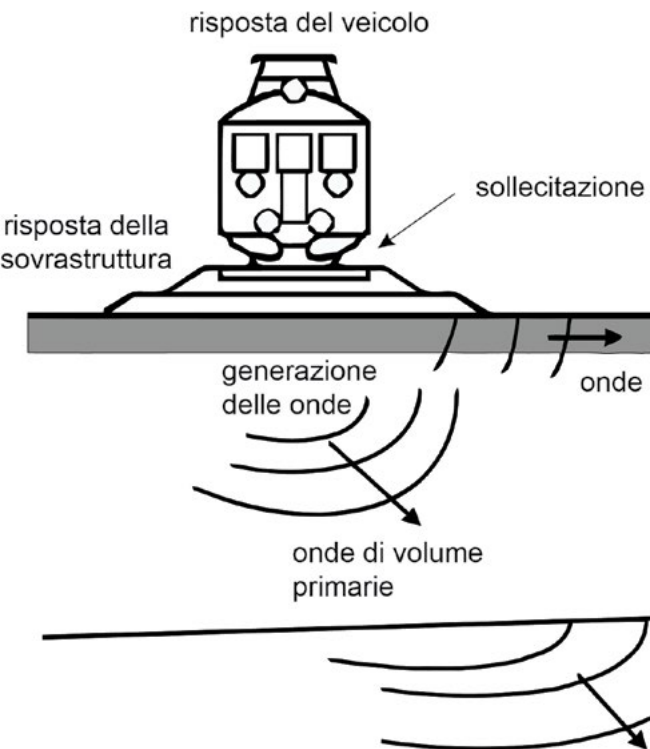
The Mitigation of Train-Induced Ground Vibrations in Nearby Buildings

Giovanni Leonardi, Dario Lo Bosco
giovanni.leonardi@unirc.it, dario.lobosco@unirc.it

The study of the ground-borne vibrations caused by high speed trains has received considerable attention in recent years, due to the effects of vibrations on historical buildings, in terms of structural damage, and on population, in terms of discomfort.

The problem has become more significant with the increasing the speed and weight of trains, which results in heavier loads on the tracks. Therefore, a method to investigate the propagation of vibration waves in the soil and the possible mitigation solutions must be found.

This paper aims to study the train-induced ground vibrations and the mitigation effects of barriers using a Finite Element Method (FEM) model. The results of the proposed project aims at assessing the effect of the barrier on the vibrations caused by the passing of high-speed trains and the following conclusions can be made: concrete seems to provide a consistent reduction in the vibrations. The proposed method can be successfully applied to a preliminary analysis of the influence of different types of barriers on the dynamic properties of vibration waves in the soil.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR189



Mitigazione delle vibrazioni ferroviarie in prossimità di edifici

Giovanni Leonardi, Dario Lo Bosco

Le vibrazioni generate dal traffico ferroviario ad alta velocità possono rappresentare un'importante causa di disturbo e disagio per la popolazione residente in prossimità delle infrastrutture ferroviarie, nonché di danni strutturali sul patrimonio edilizio, in particolare, su quello storico¹. Il problema delle vibrazioni ferroviarie e tramviarie nelle aree abitative assume notevole importanza, in particolare con riferimento a tipologie edilizie spiccatamente vulnerabili come nel caso dei centri storici, queste, infatti, possono arrecare disturbo alle persone, riduzione della efficienza operativa delle strutture e, nei casi più gravi, possono anche costituire dei rischi per la stessa integrità strutturale o architettonica degli edifici, specie per quelli più antichi. Tale tematica è perfettamente coerente con gli obiettivi di interesse presenti nella Strategia Agenda 2030, in particolare quello di rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili; infatti, le vibrazioni di piccola ampiezza causano fastidio alle persone mentre vibrazioni di entità maggiore possono provocare danni alle strutture e tra queste quelle più vulnerabili sono senz'altro i monumenti e gli edifici storici a causa delle basse caratteristiche meccaniche dei materiali con cui spesso sono stati costruiti.

1. CIRIANNI, LEONARDI 2012.

Le vibrazioni ferroviarie sono causate dalle elevate forze (principalmente verticali) che si generano nell'interazione ruota-binario durante il passaggio dei treni². Queste vibrazioni si trasmettono alla sovrastruttura e si propagano nel terreno attraverso sia onde di volume (compressione *P-wave* e taglio *S-wave*) sia onde di superficie (Rayleigh), in misura differente in funzione al tipo di infrastruttura.

Mentre le onde di volume decadono in prossimità della superficie del terreno, le onde di Rayleigh (*R-wave* o onde di superficie) si propagano liberamente sulla superficie secondo fronti d'onda cilindrici e producono vibrazioni che sono la risultante di una vibrazione polarizzata su un piano verticale, in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione, e di una vibrazione orizzontale polarizzata lungo la direzione di propagazione. Il moto risultante sul piano verticale è ellittico retrogrado. La deformazione indotta è sia di taglio che di compressione.

I sistemi di isolamento tipici sono trincee e barriere posizionate tra la sorgente vibrazionale e gli edifici o gli eventuali ricevitori da proteggere. Le trincee sono scavi aperti mentre le barriere sono discontinuità realizzate con materiale con rigidità molto diversa rispetto a quella del terreno in cui vengono posizionate. Gli effetti di mitigazione delle diverse tipologie di barriera sono stati studiati da numerosi ricercatori³. Poiché nel caso delle trincee, venendosi a creare un'interfaccia terreno-vuoto, non si hanno onde trasmesse a valle, la capacità delle trincee di abbattere le vibrazioni è generalmente superiore a quella delle barriere⁴.

Non sempre, però, le trincee possono essere utilizzate, a causa di problemi esecutivi e della stabilità degli scavi nel tempo. Per ovviare a tali inconvenienti, negli anni recenti⁵, sono state studiate anche le barriere realizzate con diaframmi rigidi (ad esempio in calcestruzzo), oppure da materiali deformabili stabilizzanti (ad esempio in bentonite, polistirolo, argilla espansa).

Poiché gli studi su modelli in vera grandezza sono spesso difficili e onerosi da realizzare, le analisi attraverso metodi numerici, differenze finite (FDM), elementi finiti (FEM)⁶ e *Boundary Element Method* (BEM)⁷ possono rappresentare una valida alternativa per studiare la geometria e verificare l'efficacia delle barriere e delle trincee.

2. FERRARA, LEONARDI, JOURDAN 2012; FERRARA, LEONARDI, JOURDAN 2013.

3. CHOUW, LE, SCHMID 1991; KATTIS, POLYZOS, BESKOS 1999a; KATTIS, POLYZOS, BESKOS 1999b; BUONSANTI *ET ALII* 2009a.

4. BARKAN 1962; RICHART, HALL, WOODS 1970; ADAM, VON ESTORFF 2005.

5. AHMAD, AL-HUSSAINI 1991; AL HUSSAINI, AHMAD 1991; AHMAD *ET ALII* 1996; AL-HUSSAIN *ET ALII* 2000; KIM *ET ALII* 2000; SHRIVASTAVA, KAMESWARA RAO 2002.

6. HALL 2003; GAO *ET ALII* 2008; BUONSANTI *ET ALII* 2009b; YANG, HUNG 2009; YANG, HUNG, KAO 2010; LEONARDI, BUONSANTI 2014.

7. EMAD, MANOLIS 1985; DASGUPTA, BESKOS, VARDOLAKIS 1986; BANERJEE, AHMAD, CHEN 1988; AHMAD, AL-HUSSAINI 1991.

Nel presente articolo si valuteranno gli effetti positivi prodotti dalla presenza di barriere in calcestruzzo e in terreno compattato sulla propagazione delle vibrazioni prodotte da un treno ad alta velocità in transito su un rilevato ferroviario attraverso lo sviluppo e l'implementazione di modelli agli elementi finiti⁸. Per valutare l'efficacia dell'intervento di mitigazione verrà, inoltre, condotto un confronto con un modello realizzato in assenza di barriere.

L'approccio proposto ha come obiettivo quello di fornire uno strumento analitico per la progettazione delle barriere poste a protezione di edifici e centri storici in modo da attenuare i possibili danni causati dalle vibrazioni ferroviarie.

Modellazione del fenomeno di propagazione delle vibrazioni ferroviarie

Modello agli elementi finiti

La sovrastruttura ferroviaria è stata modellata facendo riferimento alle caratteristiche dimensionali di una linea ad alta velocità italiana (RFI). Gli elementi principali del modello sono riportati nella tab.1 e nella fig. 1.

Per analizzare il processo di propagazione delle vibrazioni nel suolo è stata considerata una profondità del terreno di 7 m. Le proprietà fisiche e meccaniche dei materiali impiegati nella costruzione del modello agli elementi finiti sono state ricavate da test e validazioni sperimentali presenti in letteratura⁹ e sono riportate nella tabella seguente.

Inoltre, è stata considerata, nel semi spazio di riferimento, una discontinuità (larga 40 cm e profonda 4.0 m) posta ad una distanza di 3.0 m rispetto al rilevato ferroviario secondo lo schema di fig. 2.

Poiché nei problemi di studio di propagazione delle onde la dimensione degli elementi del modello è funzione della più alta frequenza e della più bassa velocità (V_R) dell'onda, sono stati adottati elementi di dimensioni non superiori a $1/8-1/10$ della lunghezza d'onda¹⁰, seguendo questo approccio sono state utilizzate mesh con dimensioni massime pari a 0.2 m anche in funzione della velocità d'onda di Rayleigh ($VR = 0.54 \times VP = 53.47$ m/s) e della frequenza d'onda più elevata (100 Hz).

Il modello 2-D assialsimmetrico, illustrato nella fig. 1 è composto quindi da 2159 elementi (CAX4R) e 2264 nodi.

8. LAMB 1904; EWING, JARDETZKY, PRESS 1958, MILLER, PURSEY 1954, MILLER, PURSEY 1955; GRAFF 1991.

9. BUONSANTI *ET ALII* 2009b; YANG, HUNG 2009.

10. KUHLEMEYER, LYSMER 1973.

Elemento	Spessore (cm)
strato super-compattato	30.00
sub-ballast	12.00
Ballast	35.00
Rilevato	58.00

Tabella 1. Elementi principali del modello (elaborazione a cura di G. Leonardi).

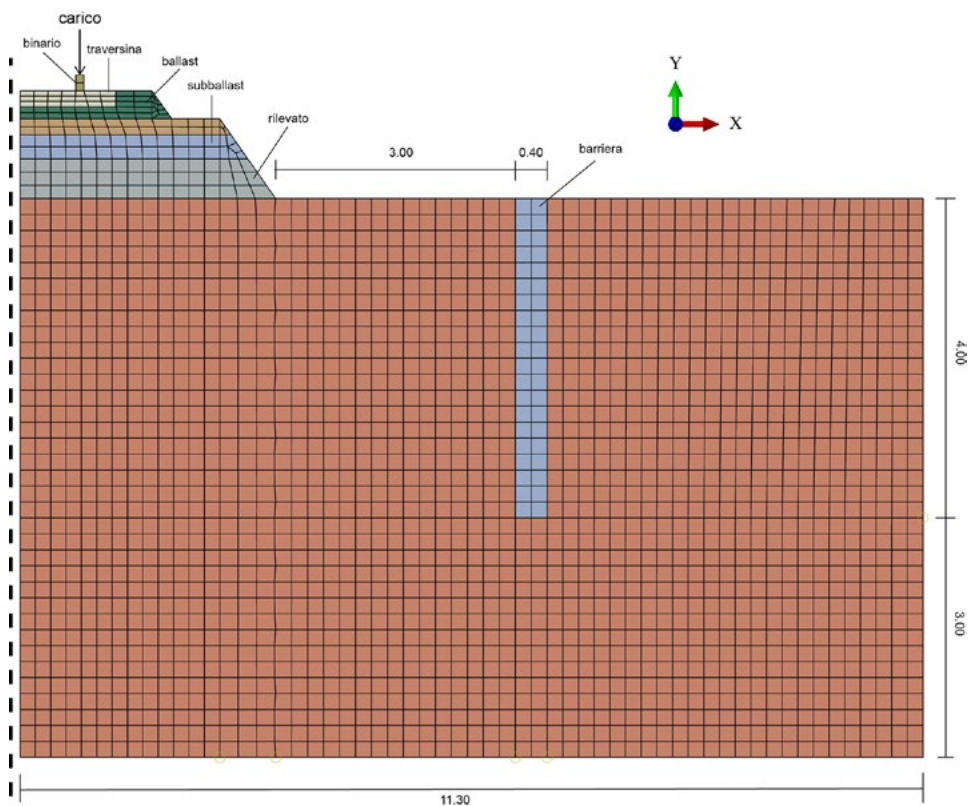


Figura 1. Modello del sistema ferroviario-terreno-barriera (elaborazione a cura di G. Leonardi, 2019).

<i>caratteristiche meccaniche</i>	<i>rotaia UIC60 (acciaio)</i>	<i>traversina (cls)</i>	<i>ballast (pietrisco)</i>	<i>sub-ballast (misto granulare)</i>	<i>strato di protezione (terra super- compattata)</i>	<i>rilevato (terreno compattato)</i>	<i>terreno naturale</i>
densità ρ (kg/m ³)	7850	2400	1250	2200	2000	1400	2040
modulo E (MPa)	210000	30000	130	6000	160	170	18.00
coefficiente di Poisson ν	0.30	0.15	0.30	0.40	0.45	0.36	0.20

Tabella 2. Proprietà fisiche e meccaniche dei materiali utilizzati (elaborazione a cura di G. Leonardi).

La sollecitazione generata dal treno è stata considerata, utilizzando un approccio semplificato, ovvero come una sequenza di carichi verticali¹¹, posizionati in accordo con la geometria e la composizione del treno (locomotive, vagoni e assi), che viaggia a velocità costante v .

Di seguito si riporta la composizione semplificata (due locomotive e tre vagoni) di un treno ad alta velocità italiano ETR 500 le cui forze sono state applicate considerando la funzione nel tempo di fig. 2.

Gli effetti della discontinuità sul fenomeno propagatorio delle vibrazioni sono stati stimati considerando due differenti tipologie di barriera (tab. 3) realizzate con materiali differenti secondo le caratteristiche riportate nella tabella seguente:

Il modello è stato implementato nel dominio del tempo e le caratteristiche di smorzamento dei materiali sono state analizzate considerando il modello di smorzamento di Rayleigh.

Applicando il metodo di Rayleigh, la matrice di smorzamento $[C]$ può essere ottenuta dalla relazione seguente:

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

dove $[M]$ è la matrice di massa, $[K]$ la matrice di rigidità, α e β sono costanti predefinite.

11. YANG, HUNG 2009; YOUNESIAN, SADRI 2012.

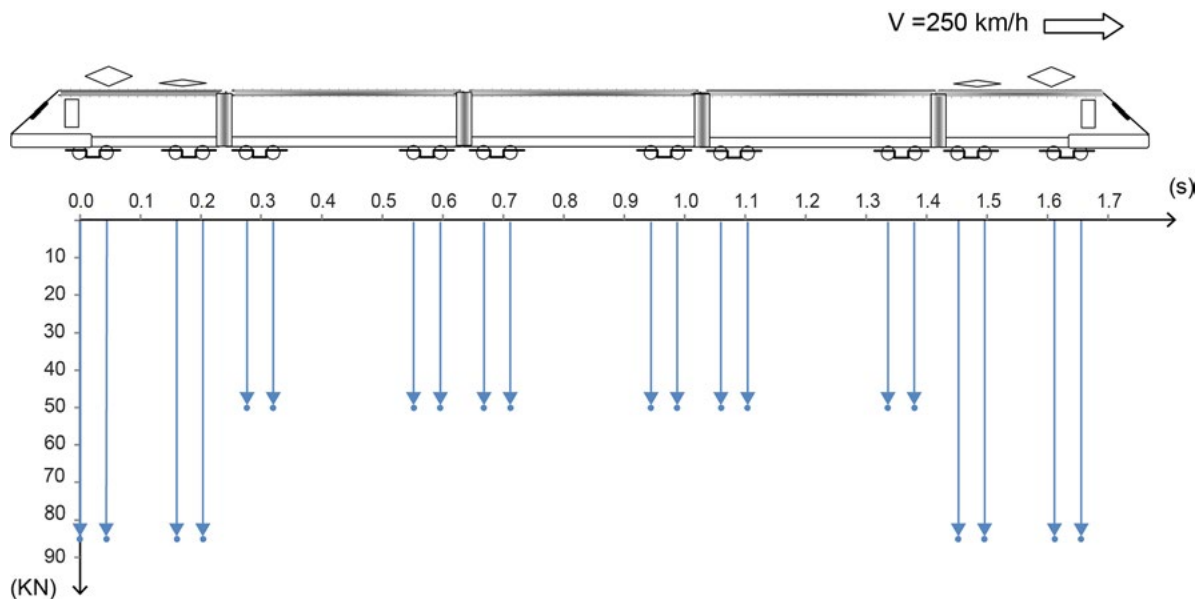


Figura 2. Serie delle sollecitazioni verticali generate da un ETR 500 a una velocità di 250 km/h (elaborazione a cura di G. Leonardi).

materiale	Density ρ [kg/m ³]	Modulus E [MPa]	Poisson's ratio ν	Dumping ratio ξ
terra compattata	2040	1800	0.20	0.10
calcestruzzo	2500	25000	0.15	0.05

Tabella 3. Proprietà meccaniche e fisiche delle barriere (elaborazione a cura di G. Leonardi).

Per un dato modo vibrazionale i , i rapporti di smorzamento modali per tutti i modi si ottengono dalla relazione:

$$\xi_i = \frac{\alpha}{2\omega_i} + \frac{b \cdot \omega_i}{2}$$

Nello studio proposto, considerando le frequenze di interessa, per il calcolo dei coefficienti di smorzamento di Rayleigh è stato applicato il metodo proposto da Chopra¹².

Risultati e considerazioni

La simulazione agli elementi finiti della propagazione delle vibrazioni generate dal passaggio del treno è stata elaborata in ambiente ABAQUS¹³, considerando un modello 2D perpendicolare alla sovrastruttura. Tutte le simulazioni sono state condotte nel dominio del tempo considerando una velocità di 250 km/h e quindi un tempo complessivo per il passaggio del treno pari a 1.70s (fig. 3). Infine, è stato considerato un incremento temporale massimo di 0.0014 sec secondo quanto suggerito da Zerwer¹⁴. I risultati ottenuti dalle simulazioni sono illustrati nelle figure seguenti dalle quali è possibile osservare il fronte di propagazione dell'onda.

Effetto delle barriere

Per studiare gli effetti delle differenti tipologie di barriera sono state implementate numerose simulazioni. Inoltre, è stato sviluppato per il confronto un modello privo di misure di mitigazione, in modo da avere un riferimento per valutare l'efficacia delle barriere considerate.

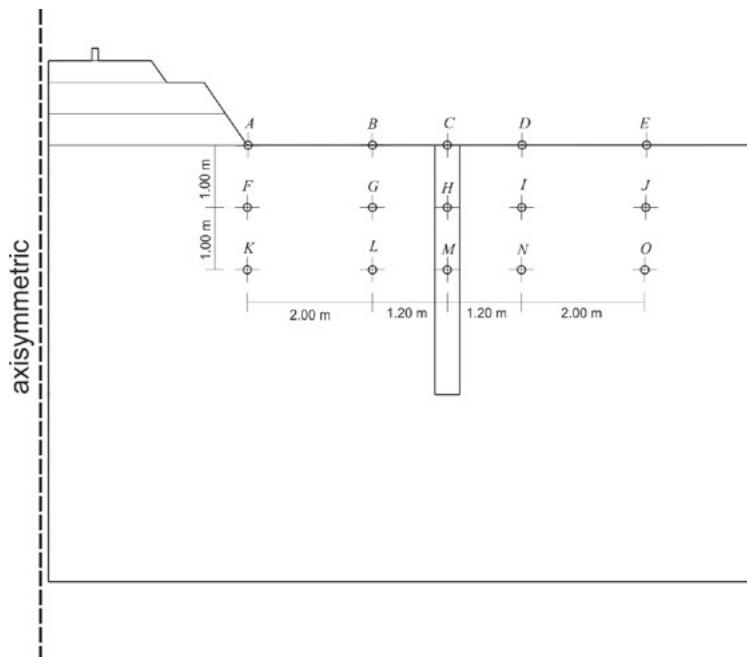
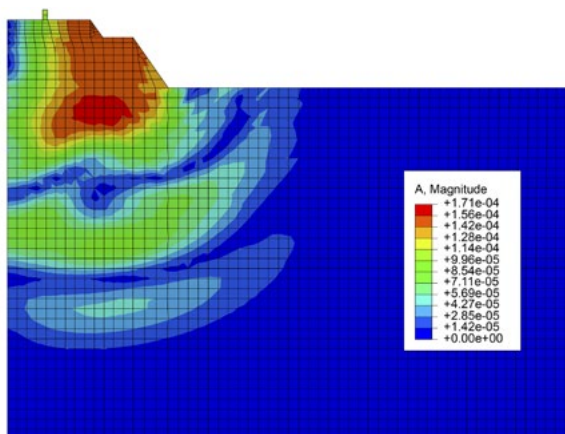
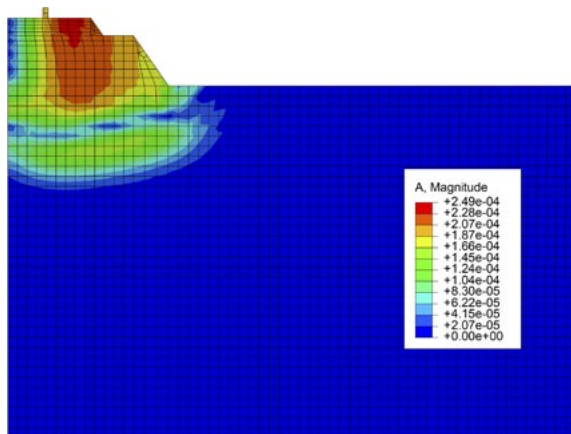
In fig. 4 sono riportati alcuni punti particolari del modello che sono stati considerati nell'analisi e per i quali sono stati ricavati i valori delle caratteristiche dinamiche (accelerazione e velocità) delle onde vibrazionali.

La fig. 5 illustra le variazioni delle velocità e delle accelerazioni (direzione-x e direzione-y) del nodo N (fig. 6) posizionato ad una distanza di 1 metro dalla barriera. Gli effetti della barriera sono inoltre

12. CHOPRA 2001.

13. SIMULIA 2010.

14. ZERWER, POLAK, SANTAMARINA 2003.



In alto, figura 3. Andamento delle accelerazioni delle vibrazioni nel terreno a differenti step temporali ($t = 0.0144$ sec and $t = 0.0432$) (elaborazione a cura di G. Leonardi); a sinistra, figura 4. Localizzazione geometrica dei principali nodi considerati nell'analisi (elaborazione a cura di G. Leonardi).

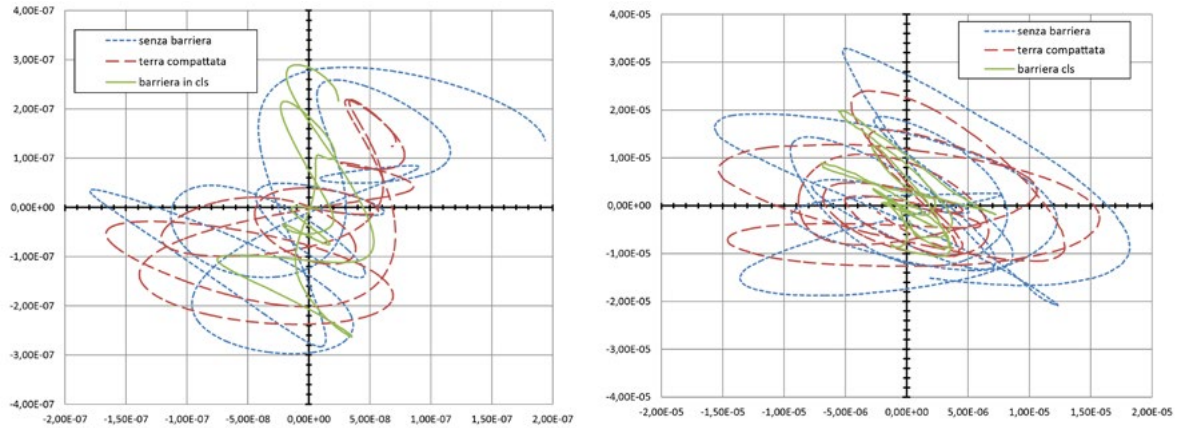


Figura 5. Variazioni delle velocità (m/s) e dell'accelerazioni (m/s²) del nodo N (elaborazione a cura di G. Leonardi).

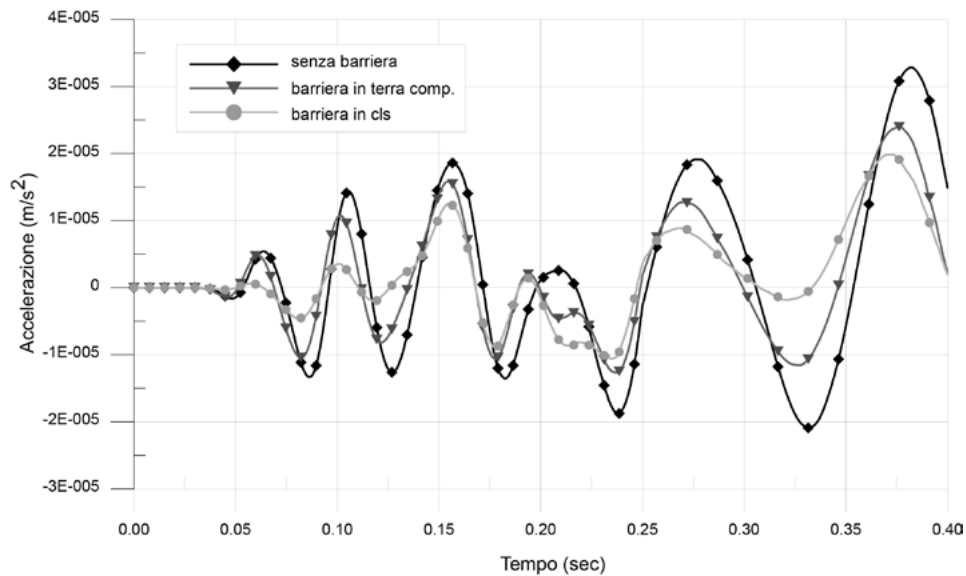


Figura 6. Andamento dell'accelerazione nel tempo (node N) (elaborazione a cura di G. Leonardi).

evidenziati dal grafico di fig. 6 dove viene raffrontato il diverso andamento dell'accelerazione (nodo N) nel tempo per i diversi modelli considerati.

Al fine di analizzare l'efficacia in termini di mitigazione delle vibrazioni delle tipologie di barriera considerate, nella fig. 7 e nella fig. 8 si riporta l'andamento della massima accelerazione verticale lungo la superficie del terreno e ad una profondità di 2 m.

Le analisi agli elementi finiti condotte e sopra illustrate evidenziano che per la tipologia di sorgente vibratoria considerata (treno AV), le barriere in cls forniscono delle performance migliori in termini di riduzione delle vibrazioni.

I risultati ottenuti forniscono utili informazioni per la scelta della tipologia di barriera da utilizzare e per il suo posizionamento rispetto alla sorgente generatrice delle vibrazioni. In particolare, tale approccio metodologico risulta indispensabile quando è necessario rispettare i limiti prefissati dalla normativa che generalmente sono espressi in termini di velocità e accelerazioni (come ad esempio per la normativa italiana).

Conclusioni

I risultati dello studio proposto finalizzato alla valutazione dell'incidenza delle barriere nella riduzione delle vibrazioni generate dal passaggio di un convoglio ferroviario ad alta velocità consentono di affermare che le barriere in cls sembrano più efficienti di quelle in terra compattata a causa della maggiore densità del materiale e di una conseguente maggiore riflessione delle onde.

L'approccio numerico proposto può essere utilizzato per effettuare analisi preliminari quando devono essere progettate barriere in prossimità di ricettori particolarmente sensibili come nel caso di edifici e centri storici che possono essere più vulnerabili ai fenomeni vibratorii causati da infrastrutture ferroviarie e/o tramviarie.

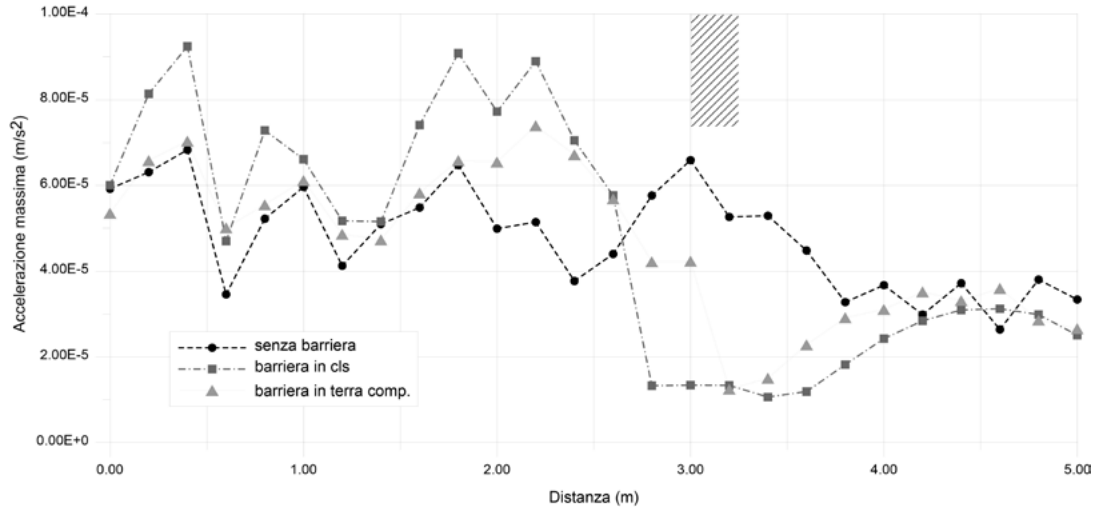


Figura 7. Attenuazione sulla superficie del terreno (elaborazione a cura di G. Leonardi).

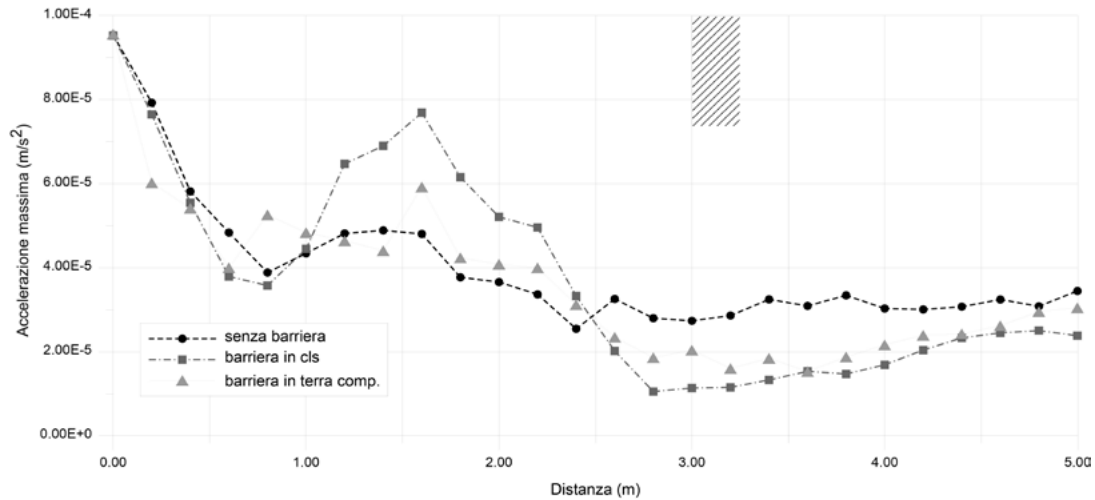


Figura 8. Attenuazione ad una profondità di 2 m dalla superficie del terreno (elaborazione a cura di G. Leonardi).

Bibliografia

- ADAM 2005 - M. ADAM, O. VON ESTORFF, *Reduction of train-induced building vibrations by using open and filled trenches*, in «Computers & Structures», 2005, 83/1, pp. 11-24.
- AHMAD 1991 - S. AHMAD, T.M. AL-HUSSAINI, *Simplified design for vibration screening by open and in-filled trenches*, in «Journal of geotechnical engineering», 1991, 117/1, pp. 67-88.
- AHMAD 1996 - S. AHMAD, T.M. AL-HUSSAINI, K. L. FISHMAN, *Investigation on active isolation of machine foundations by open trenches*, in «Journal of geotechnical engineering», 1996, 122, pp. 454-461.
- AL HUSSAINI 1991, T.M. AL HUSSAINI, S. AHMAD, *Design of wave barriers for reduction of horizontal ground vibration*, in «Journal of geotechnical engineering», 1991, 117, pp. 616-636.
- AL-HUSSAINI 2000 - T.M. AL-HUSSAINI, S. AHMAD, J.M. BAKER, *Numerical and experimental studies on vibration screening by open and in-filled trench barriers*, in *Proceedings of the International Workshop on Wave Propagation, Moving Load and Vibration Reduction*, (Ruhr-University, Bochum, Germany, 13-15 December 2000), CRC Press, Boca Raton 2000, pp. 288-294.
- BANERJEE, AHMAD, CHEN 1988 - P. BANERJEE, S. AHMAD, K. CHEN, *Advanced application of BEM to wave barriers in multi-layered three-dimensional soil media*, in «Earthquake Engineering & Structural Dynamics», 1988, 16/7, pp. 1041-1060.
- BARKAN 1962 - D. BARKAN, *Dynamics of Bases and Foundations*, McGraw-Hill, New York 1962.
- BUONSANTI ET ALII 2009a - M. BUONSANTI ET ALII, *Mitigation of Railway Traffic Induced Vibrations: The Influence of Barriers in Elastic Half-Space*, in «Advances in Acoustics and Vibration», 2009, pp. 1-7.
- BUONSANTI ET ALII 2009b - M. BUONSANTI ET ALII, *Study of the barriers for the mitigation of railway vibrations*, in *Sound and Vibration*, Proceedings of the 16th International Congress, (Kraków, 5-9 July 2009), International Institute of Acoustics and Vibration, 2009, pp. 1-8.
- CHOPRA 2001 - A.K. CHOPRA, *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering*, Prentice Hall Saddle River, New York 2001.
- CIRIANNI, LEONARDI 2012 - F. CIRIANNI, G. LEONARDI, *Environmental modeling for traffic noise in urban area*, in «American Journal of Environmental Science», 2012, 8, pp. 345-351.
- CHOUW, LE, SCHMID 1991 - N. CHOUW, R. LE, G. SCHMID, *An approach to reduce foundation vibrations and soil waves using dynamic transmitting behavior of a soil layer*, in «Bauingenieur», 1991, 66, pp. 215-221.
- DASGUPTA, BESKOS, VARDOULAKIS 1986 - B. DASGUPTA, D. BESKOS, I. VARDOULAKIS, *3-D vibration isolation using open trenches*, in «Innovative numerical methods in engineering», Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1986, pp. 385-392.
- EMAD, MANOLIS 1985 - K. EMAD, G.D. MANOLIS, *Shallow trenches and propagation of surface waves*, in «Journal of Engineering Mechanics», 1985, 111 /2, pp. 279-282.
- EWING, JARDETZKY, PRESS 1957 - W. EWING, W. JARDETZKY, F. PRESS, *Elastic waves in layered media*, McGraw Hill, New York, Toronto, London 1957.
- FERRARA, LEONARDI, JOURDAN 2012 - R. FERRARA, G. LEONARDI, F. JOURDAN, *Numerical Modelling of Train Induced Vibrations*, in «Procedia - Social and Behavioral Sciences», 2012, 53, pp. 155-165.
- FERRARA, LEONARDI, JOURDAN 2013 - R. FERRARA, G. LEONARDI, F. JOURDAN, *A contact-area model for rail-pads connections in 2-D simulations: sensitivity analysis of train-induced vibrations*, in «Vehicle System Dynamics», 2013, 51, pp. 1342-1362.

- GAO ET ALII 2008 - G.Y. GAO ET ALII, *3D analysis of in-filled trench as passive barriers for ground vibration isolation*, in «Science in China Series G: Physics Mechanics and Astronomy», 2008, 51/10, pp. 1573-1585.
- GRAFF 1991 - K. GRAFF, *Wave motion in elastic solids*, Pubns, Dover 1991.
- HALL 2003 - L. HALL, *Simulations and analyses of train-induced ground vibrations in finite element models*, in «Soil Dynamics and Earthquake Engineering», 2003, 23, pp. 403-413.
- KIM ET ALII 2000 - M. KIM ET ALII, *Vibration isolation using flexible rubber chip barriers*, in *Wave 2000: Wave Propagation - Moving Load - Vibration Reduction*, Proceedings of the International Workshop (Ruhr-University, Bochum, Germany, 13-15 December 2000), CRC press, Boca Raton 2000, pp. 289-298.
- KUHLEMEYER 1973 - R.L. KUHLEMEYER, J. LYSMER, *Finite element method accuracy for wave propagation problems*, in «Journal of Soil Mechanics & Foundations», 1973, 99/5, pp. 421-427.
- KATTIS, POLYZOS, BESKOS 1999a - S. KATTIS, D. POLYZOS, D. BESKOS, *Modelling of pile wave barriers by effective trenches and their screening effectiveness*, in «Soil Dynamics and Earthquake Engineering», 1999, 18, pp. 1-10.
- KATTIS, POLYZOS, BESKOS 1999b - S. KATTIS, D. POLYZOS, D. BESKOS, *Vibration isolation by a row of piles using a 3-D frequency domain BEM*, in «International Journal for Numerical Methods in Engineering», 1999, 46, pp. 713-728.
- LAMB 1904 - H. LAMB, *On the propagation of tremors over the surface of an elastic solid*, in «Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character», 1904, 203, pp. 1-42.
- LEONARDI, BUONSANTI 2014 - G. LEONARDI, M. BUONSANTI, *Reduction of train-induced vibrations by using barriers*, in «Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology», 2014, 7/17, pp. 3623-3632.
- MILLER, PURSEY 1954 - G. MILLER, H. PURSEY, *The field and radiation impedance of mechanical radiators on the free surface of a semi-infinite isotropic solid*, in «Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences», 1954, 233/1155, pp. 521-541.
- MILLER 1955 - G. MILLER, H. PURSEY, *On the partition of energy between elastic waves in a semi-infinite solid*, in «Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences», 1955, 233/1192, pp. 55-69.
- RICHART, HALL, WOODS 1970 - F.E. RICHART, J.R. HALL, R.D. WOODS, *Vibrations of soils and foundations*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall 1970.
- SHRIVASTAVA, RAO 2002 - R. SHRIVASTAVA, N. KAMESWARA RAO, *Response of soil media due to impulse loads and isolation using trenches*, in «Soil Dynamics and Earthquake Engineering», 2002, 22/8, pp. 695-702.
- SIMULIA 2010 - SIMULIA, *ABAQUS 6.10: User's Manual*, Simulia 2010.
- YANG, HUNG 2009 - Y.B. YANG, H.H. HUNG, *Wave propagation for train-induced vibrations: a finite/infinite element approach*, World Scientific Pub Co Inc, Singapore 2009.
- YANG, HUNG, KAO2010 - Y. B. YANG, H.H. HUNG, J. C. KAO, *2.5D Finite/infinite element approach for simulating train-induced ground vibrations*, in «AIP Conference Proceedings», 2010, 1233/1, pp. 5-14.
- YOUNESIAN, SADRI 2012 - D. YOUNESIAN, M. SADRI, *Effects of the trench geometry on vibration mitigation level in high-speed railway tracks*, in «Journal of Mechanical Science and Technology», 2012, 26/8, pp. 2469-2476.
- ZERWER, POLAK, SANTAMARINA 2003 - A. ZERWER, M.A. POLAK, J.C. SANTAMARINA, *Rayleigh Wave Propagation for the Detection of Near Surface Discontinuities: Finite Element Modeling*, in «Journal of Nondestructive Evaluation», 2003, 22/2, pp. 39-52.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR
EXTRA

La valutazione per promuovere la tutela dei paesaggi. Valorizzare nuovi elementi con la pianificazione paesaggistica

Domenico Enrico Massimo, Mariangela Musolino, Alessandro Malerba
demassimo@gmail.com, mariangela.musolino@unirc.it,
malerbale@gmail.com

Obiettivo. Il contributo ha l'obiettivo di delineare le linee guida e un approccio metodologico per la valorizzazione del paesaggio e la pianificazione di politiche per mitigare la distruzione dei valori paesaggistici provocata dal continuo consumo di suolo agricolo, forestale, naturale.

Metodologia. Prima tappa è l'individuazione dei valori paesaggistici nei territori. Seconda tappa è il geo riferimento dei dati sia nel sistema informativo geografico, sia nel sistema valutativo. Terza tappa è la valutazione paesaggistica a Criteri Multipli di elementi e la loro classificazione gerarchica.

Case study. La Strategia e la Metodologia sono state testate in Casi di Studio applicate ad alcune delle più suggestive aree paesaggistiche dell'Italia Meridionale.

Risultati. I risultati sono esteso censimento totale, tassonomia, valutazione dei valori paesaggistici. La classificazione gerarchica dei valori è elaborata con la multi criteria valuation. Ne consegue una gerarchia e gradualità di tutele sintetizzata come segue (a soli fini esemplificativi): protezione elementi con massimi valori paesaggistici; tutela elementi con buoni valori paesaggistici; conservazione elementi con medi valori paesaggistici.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR190



Valuation to Foster-up Landscape Preservation. Treasuring New Elements through Landscape Planning

Domenico Enrico Massimo, Mariangela Musolino, Alessandro Malerba

The potential collapse of the Earth's environment due to Climate Change is one of the most dangerous threats looming over mankind and its future survival.

People, especially young people, are progressively becoming aware perceiving this enormous risk.

Following pioneer scientific intuitions, dating from the 1960s, anticipated by the forerunners¹, thousands of scholars have been working hard to gather systematic knowledge about the Earth's environment. They also collected incontestable evidence regarding the extreme risk of the present negative ecological trends which will lead to the following:

- Climate Change impacting in complex ecosystem services;
- as well as destruction of natural cultural heritage (or landscape, or nature, or Earth bio diversity).

As far as the environment is concerned, scientists and the world's most prestigious institution (the United Nations, UN) has made the systematic knowledge and the incontestable evidence available

The introduction and the paragraphs *Testing Methodology; The Case Study* are to be attributed to Domenico Enrico Massimo. The paragraphs *Case Study Finding; Conclusions* are to be attributed to Mariangela Musolino. The paragraphs *Multi Criteria Valuation Approaches and Methodological Steps* are to be attributed to Alessandro Malerba.

1. BOULDING 1966; MEADOWS ET ALII 1972; BOULDING 1981.

to mankind. This information has been published, since 1990, in several reports² issued by the IPCC, Inter - governmental Panel for Climate Change.

Following the directions of IPPC, hundreds of national governments are trying to tackle the impending environmental disaster. They have pledged to reduce planet Global Warming by emission mitigation during the future decades. Consequently, governments signed the Kyoto Protocol in 1997 (144 countries out of 192) and the Paris Agreement in 2016 to which 195 (51 more with respect to 1997) countries agreed upon.

In addition to an analysis concerning the environment, the objective scientific findings demonstrated that the destruction of natural cultural heritage (be it landscape or nature or bio diversity or soil) “is as big a threat to humanity as Climate Change”. To tackle and mitigate (among other goals) landscape destruction and other threats to the natural cultural heritage, world leaders adopted, in 2015, the “United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development”, taking in “17 Sustainable Development Goals” or “17 SDGs”. Goal 11 deals with the topic of *Sustainable cities and communities*. A specific sub Goal 11.04. focuses on: *Strengthen efforts to protect and safeguard the world’s cultural and natural heritage*.

Landscape is one of the most important components of the world’s cultural natural heritage. The research and measures presented are a direct implementation of the cited 2030 Agenda for Sustainable Development, the Goal 11 and the specific sub Goal 11.04 and aim to detect, protect, safeguard and enhance the landscape. Reliable inter disciplinary reviews³ provides guidelines to protect and enhance natural cultural heritage, and related ecosystem services. By so doing they implement contents of UN 2030 Agenda with the following related Goals:

- Knowledge. The collection of systematic knowledge of the specific and punctiform Nature Masterpieces or Elements, including all the key relevant points of interest in the territory (small scale and punctiform landmarks, masterpieces, heritage, patrimony); this is carried out through on the field census (“*in situ*”), at required or needed scales (county; province; region; macro region; country; continent).
- DataBase. The transformation of landscape knowledge into information and a data base, together geo referenced in Gis and Web Gis⁴.

2. IPCC 1990; IPCC 1995; IPCC 2001; IPCC 2007; IPCC 2014; IPCC 2018.

3. DE GROOT 2006; SHUANG *ET ALII* 2010; HERMANN, SCHLEIFER, WRBKA 2011.

4. LEE, ELTON, THOMPSON 1999; BATEMAN *ET ALII* 2002; NAIDOO, RICKETTS 2006; TROY, WILSON 2006; CHEN, LI 2009.

- Value. Definition of cultural natural heritage value, not only in pure economic monetary but instead in multi criteria \ multi dimensional terms⁵. All this is to avoid the destruction of multi functional natural capital like in Amazonia, North and South Poles and Glaciers where only profit counts. A merely monetary dimension led in the past and would led in the future to destroy natural cultural landscape because money only is unable to encompass multi dimensionality of natura and heritage.

- Valuation. Landscape multi criteria valuation methods. There are many reasons why for understanding the multi dimensional nature of landscape elements and to assess them multi criteria valuation methods and interesting new updating⁶ have to be adopted. If not, the under-valuation of the multi dimensional benefits stemming from landscapes will continue, because it is hard and difficult to express their ecological as well as systemic importance in merely monetary terms. Even if several important monetary impacts stem from interaction between landscape (including its urban amenities and organic materials) and green urban buildings and settlements⁷.

- Implementation. Cited reliable robust inter disciplinary reviews urge to the experimental implementation of multi criteria valuation methods in landscape planning. The present research develops a case of multi criteria evaluation of punctual or small scale heritage benchmarks *i.e.* elements *i.e.* masterpieces selected following after a census at provincial (geographic and governmental) level.

Multi Criteria Valuation Approaches and Methodological Steps

Various institutions have requested a hierarchical classification taking into consideration the value and beauty of the paysage punctiform (points of interest) masterpieces and benchmarks within a given territorial boundary.

This research focuses on the direct identification, classification and valuation of Paysage Masterpieces within a giving provincial boundary. According to the cited inter disciplinary reviews, the most appropriate valuation strategy is the Multi Criteria Valuation (MCV) system together with its approaches, algorithms and their related operational software. As specified in the case study, the

5. DE GROOT 2006; SHUANG *ET ALII* 2010; HERMANN, SCHLEIFER, WRBKA 2011.

6. SAATY 1980; BOTTERO, MONDINI 2008; BOTTERO 2011; LOMBARDI, TRISCIUOGGIO 2013; BOTTERO, FERRETTI, MONDINI 2015; SAATY, DE PAOLA 2017; OPPIO, BOTTERO, ARCIDIACONO 2018; OPPIO, MALTESE, MARIOTTI 2018.

7. MUSOLINO, MASSIMO 2013; MASSIMO 2015; MALERBA, MASSIMO, MUSOLINO 2018; MASSIMO, MUSOLINO, MALERBA 2018; DEL GIUDICE *ET ALII* 2019; DE PAOLA *ET ALII* 2019; MALERBA *ET ALII* 2019; MASSIMO *ET ALII* 2019; MUSOLINO, MASSIMO 2019; MUSOLINO *ET ALII* 2019; SPAMPINATO *ET ALII* 2019.

characteristics of landscape elements are adopted and transformed into valuation criteria. Expert valuers have attributed scores to the characteristics of the landmarks.

This research is one of the first of its kind because of the brand new valuation approach, with the math engine and the software, the sum of which is called: McaGisMassimo⁸.

This new updated multi criteria valuation approach (including method, Gis, math and software tools) makes the innovations that follow possible.

- An improved assessment, overcoming the handicap of the small number of alternatives and criteria that previous tools were able to process.
- Working in synergy with further parallel valuation tools and software *e. g.* with Sami platform⁹; AHP&N¹⁰ approaches or Flag Models or future diversified Mca tools.
- Adopting state of the art computer programming languages, such as Python.
- Sharing the information on the web and publish it.
- Very importantly, geo referencing Landscape Benchmarks or Masterpieces or Elements on Gis Base Map.

The Qualitative Effect Matrix collects the scores assigned by each assessor to each criterion (characteristics) for each alternative. This Qualitative Effect Matrix is processed by the above introduced state of the art, innovative and updated multi criteria valuation engine McaGisMassimo. By so doing the expected final result of research is achieved *i.e.*: Quality Ranking.

Testing Methodology. The Case Study

The brand new Case Study tries to satisfy and comply the most demanding institutional request *i. e.* to define, identify, select, visit directly, score and rank (in several small homogeneous contiguous clusters) all the Landscape Masterpieces or Elements in the province of Reggio Calabria, the Southernmost province of continental Italy.

This Case Study aims to overcome some unresolved issues such as the lack of scientific knowledge concerning what, how many, and where the Landscape Masterpieces are and the inadequacy surrounding the existing tools for the comparative and qualitative valuation of them.

8. MASSIMO, CEFALÀ 2016.

9. SAMI 2000.

10. SAATY 1980; SAATY, DE PAOLA 2017.

Landscape Elements. Categories



Figure. 1. Case Study. Province of Reggio Calabria. Italy. Geo Landscape Element categories. Taxonomy (Author's own compilation).

The first step was a unique extensive identification process of all Landscape Masterpieces or Elements in the area. The census and taxonomy were compiled and classified in categories and sub categories (fig. 1) and the Landscape Masterpieces or Points of Interest were singled out. The first results of all this research field work is a thorough knowledge of all Landscape Masterpieces or Elements present at a provincial\local level. In particular, quantification, through the full census in the Case Study area, provides numerical data of the existence of all the entities. According to objective characteristics, scientific literature, and exemplary planning benchmarks, the GIS tools made it easy to subdivide the layers of Landscape Masterpieces or Elements into the following main Categories: 01. Monumental trees; 02. Gullies\Ravines\Bad lands; 03. Water falls; 04. Geo-sites; 05. Canyons; 06. Underground caves; 07. Marine caves; 08. Mines; 09. Marsh\Swamp\Wet Land; 10. Rocks; 11. Cliffs; 12. Thermal spring; 13. Artificial lakes; 14. Natural lakes; 15. Peat\Bogs.

The second step was the application of the Multi Criteria Analysis (MCA) or Valuation (MVA) (comparative evaluation) in order to arrive at the classification and ranking of all Landscape Masterpieces or Elements belonging to small homogeneous contiguous clusters or small specialized groups. The Valuation\Assessment aims to develop the resource quality ranking from two points of view which are as follows:

- the intrinsic beauty or value of the Landscape Masterpieces or Elements in themselves with a view from a protection perspective;
- and the value resulting from a different possible use compatible with its safeguarding but aiming at the eco tourist enhancement of the Masterpieces or Elements as an organized network.

The province territory, with Landscape Masterpieces (fig. 2), has been sub divided into small areas (fig. 3) called: landscape units. For this purpose, Landscape Masterpieces, characterized by strong genetic similarities and spatial proximity, were compared to each other. The characteristics of the

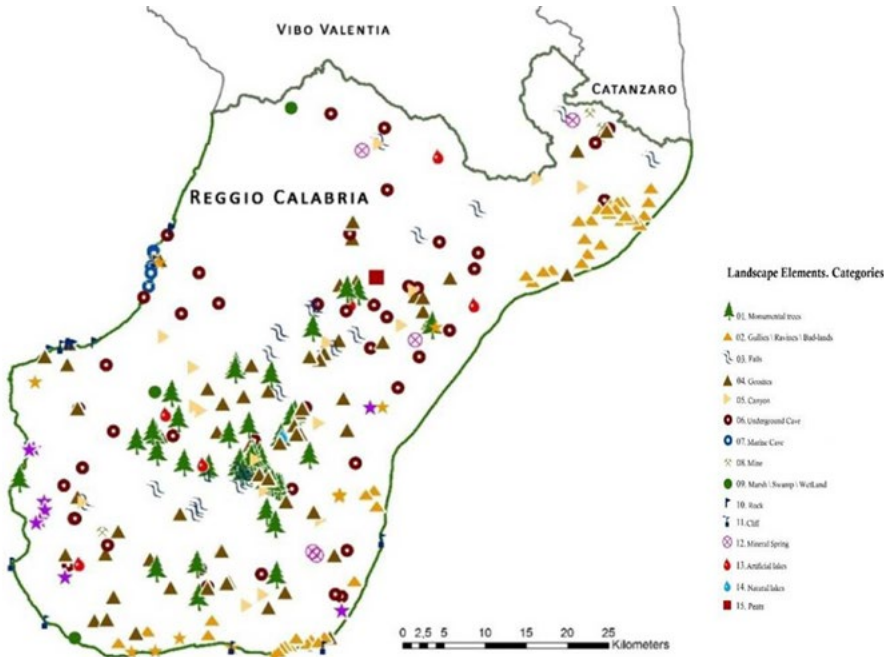


Figure 2. Case Study. Province of Reggio Calabria, Italy. Georeferenced identification in the categories of Landscape Elements (Author's own compilation).

elements were used as a criteria for the valuation by applying the Multi Criteria Analysis tools such as the new Dominant Regime Method, DRM¹¹.

The quality of the individual Masterpieces or Elements is defined by the ordinal valuation\ estimation\ assessment of some characteristics. The schematic valuation\ estimation\ assessment framework is as follow:

Landscape Masterpieces → Characteristics → Values → Valuation criterion → Scores → Valuation matrix → Ranking.

Characteristics = Criteria are the ordinal factors of the Qualitative Effect Matrix, QEM, i.e. the fundamental key instrument to the whole assessment procedure.

11. MASSIMO, CEFALÀ 2016.

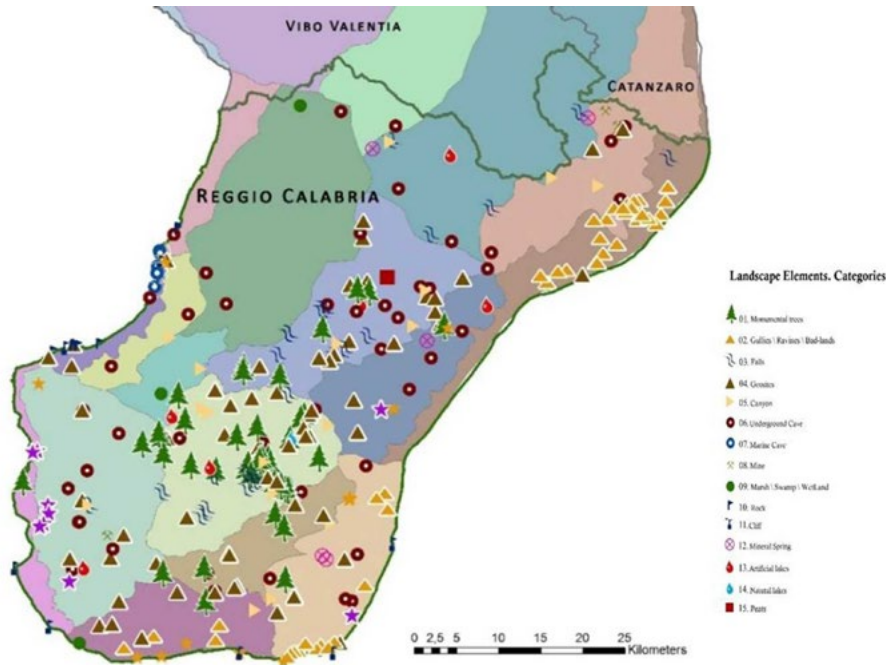


Figure 3. Case Study. Province of Reggio Calabria. Geo-reference identification within the categories of Landscape Elements in the Landscape Units (Author's own compilation).

Case Study Findings

In the Case Study there are five Masterpieces or Elements to be evaluated belonging to the category: “monumental trees” (fig.4).

Masterpiece characteristics (quantitatively and qualitatively measurable) are transformed into criteria than valuated\assessed. According to the tested ordinal valuation approach, a panel of expert assessors visited each “old-growth tree”. For each entity each assessor gave a personal individual score regarding each genetic characteristics (= criteria) performing a key step of the valuation\assessment process.

In the specific Case Study some criteria were adopted after direct field observation and theoretical comparison. These criteria embraced implied two different valuation scenario one based on the intrinsic value and the other based on the use value (table 1). They are listed and described below:

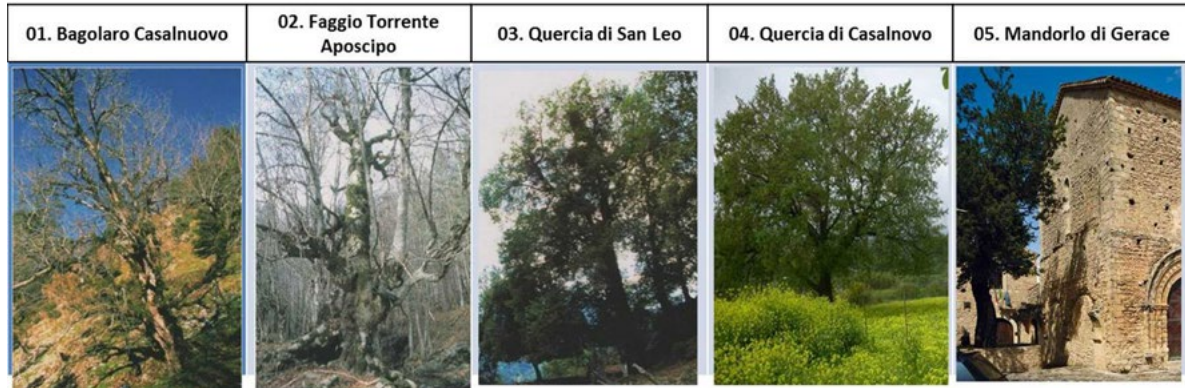


Figure 4. Case Study. Province of Reggio Calabria. Italy. “Monumental trees” or “old-growth tree”. Sample of five Elements. (Author’s own compilation).

(A) Intrinsic value criteria, i.e. value of the landscape masterpieces itself:

1. Landscape Quality. The value of Landscape Element itself in its surroundings.
2. Integrity. The degree of Landscape Element conservation compared to its original form.
3. Symbolic content. The existence of data or information or tradition or legend or myth regarding the landscape Element to be evaluated.

(B) Use value criteria. These criteria are correlated to the social and tourist potential of the Landscape Element, from the enhancement point of view. It is also correlated to the risk connected to its intensive use:

4. Accessibility. The presence of easy accessibility, transport systems, road, paths, pedestrian networks.
5. Usability. The presence of tourist facilities near the Landscape Element being valued.

A new experimental criterion was introduced for each specific categories :

(C) Specific value criterion, i.e., the specific value of the Landscape Masterpieces or Element belonging to each category. For the specific “old-growth trees” category, the specific value criterion is selected taking into account some aspects that can help for the Landscape Masterpieces or Element enhancement, i.e.:

Tree	Classification	Criteria					
		Intrinsic Value IV			Usage Value UV		Specif. Value SV
Municipality		Landscape Quality	Integrity	Symbolic Content	Accessibility	Usability	Landscape Context
Africo	Alberi Bagolaro di Casalnuovo	3	4	1	1	1	4
Africo	Faggi del Torrente Aposcipo	3	3	1	2	1	5
Africo	Quercia di Casalnuovo	4	5	1	4	3	1
Africo	Quercia di San Leo	3	4	1	4	3	2
Gerace	Mandorlo di Gerace	4	3	3	5	5	3

Table 1. Landscape Elements. Multi Criteria Valuation. Five “Monumental trees”. Qualitative Effect Matrix (QEM) (Author’s own compilation).

6. Landscape Context. The degree of integration of the Masterpieces or Element in a background which have been compromised to a lesser or greater degree.

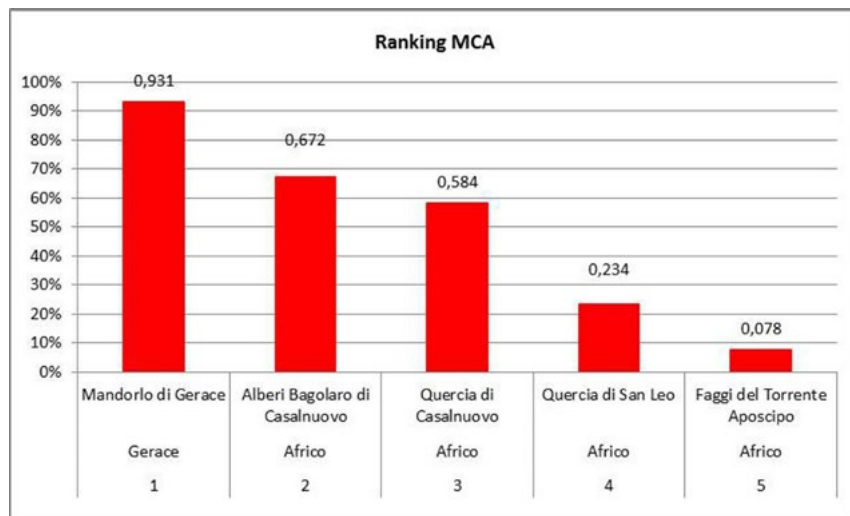
The Multi Criteria Valuation engine processes the Qualitative Effect Matrix, QEM, deriving a qualitative ordinal ranking of five “Monumental Trees” .

The brand new MCA approach (DRM tool) gives a clear hierarchy (table 2) and a ranking order of valuation alternatives (graph 1).

Conclusions

The basis of Heritage management and enhancement lies in the knowledge and valuation of its punctiform Masterpieces, the so called punctiform “Landscape Elements”. The research presented provides a framework taking in an information system linked to a general valuation framework and to an operational approach. These coordinated tools allow governments to identify, to protect and to enhance punctiform Landscape Masterpieces or Elements on the basis of their comparative ranking based on scientific Multi Criteria Valuation.

ID	Municipality	Classification	Euristic Ranking	Ranking DRM	Score DRM
1	Africo	Alberi Bagolaro di Casalnuovo	3	2	0,672
2	Africo	Faggi del Torrente Aposcipo	4	5	0,078
3	Africo	Quercia di Casalnuovo	2	3	0,584
4	Africo	Quercia di San Leo	5	4	0,234
5	Gerace	Mandorlo di Gerace	1	1	0,931



Above, table 2. Landscape Elements. Multi Criteria Valuation. Five “Monumental Trees”. Outcomes: Qualitative ordinal ranking of alternatives (Author’s Own Compilation); left, graph 1. Hierarchy and a rank order of valuation alternatives (Author’s own compilation).

Furthermore, it encourages civil participation. In fact, the spatial information and integrated valuation system is a framework that helps institutions, civil society and individual agents to make their participation meaningful.

Protection, preservation, conservation and enhancement through the paysage ecotourism can therefore be organized by “landscape planning” in which the community participate and cooperate in order to achieve to get a more sustainable world.

Bibliography

- BATEMAN *ET ALII* 2002 - I.J. BATEMAN *ET ALII*, *Applying Geographical Information System (GIS) to Environmental and Resources Economics*, in «Environmental and Resources Economics», 2002), 22, 1-2, pp. 219-269.
- BOTTERO, MONDINI 2008 - M. BOTTERO, G. MONDINI (a cura di), *Valutazione e sostenibilità. Piani, programmi, progetti*, Celid, Torino 2008.
- BOTTERO 2011 - M. BOTTERO, *Assessing the economic aspects of landscape*, in C. CASSATELLA, A. PEANO (eds), *Landscape indicators. Assessing and monitoring landscape quality*, Springer, Berlin 2011, pp. 167-192.
- BOTTERO, FERRETTI, MONDINI 2015 - M. BOTTERO, V. FERRETTI, G. MONDINI, *Towards an integrated economic assessment of landscape*, in R. GAMBINO, A. PEANO (eds.), *Nature Policies and Landscape Policies*, Springer, Berlin 2015, pp. 371-380.
- BOULDING 1966 - K.E. BOULDING, *The economics of the coming spaceship Earth*, in H. JARRETT (ed.), *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*, Resources for the Future, Johns Hopkins University Press, Baltimore 2006, pp. 3-14.
- BOULDING 1981 - K.E. BOULDING, *Evolutionary economics*, Sage Publications, Beverly Hills and London 1981.
- CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a - F. CALABRÒ, L. DELLA SPINA, C. BEVILACQUA (eds.), *New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*, Springer, Cham 2019, 1. (Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019, 100).
- CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b - F. CALABRÒ, L. DELLA SPINA, C. BEVILACQUA (eds.), *New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*, Springer, Cham 2019, 2. (Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019, 101).
- CHEN, LI 2009 - N.W. CHEN, H.C. LI, *A GIS-based approach for mapping direct use value of ecosystem services at a county scale: Management implications*, in «Ecological Economics», 2009, 68/11, pp. 2768-2776.
- DE GROOT 2006 - R. DE GROOT, *Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes*, in «Landscape and Urban Planning», 2006, 75, 3-4, pp. 175-186.
- DEL GIUDICE *ET ALII* 2019 - V. DEL GIUDICE *ET ALII*, *Post carbon city and real estate market: testing the dataset of Reggio Calabria market using Spline Smoothing Semiparametric Method*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019, 1, pp. 206-214.
- DE PAOLA *ET ALII* 2019 - P. DE PAOLA *ET ALII*, *Isovalore Maps for the spatial analysis of real estate market: a case study for a central urban area*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a, pp. 402-410.
- HERMANN, SCHLEIFER, WRBKA 2011 - A. HERMANN, S. SCHLEIFER, T. WRBKA, *The Concept of Ecosystem Services Regarding Landscape Research: a Review*, in «Living Reviews in Landscape Research», 2011, 5, pp. 1-37.
- IPCC 1990 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *First Assessment Report (FAR)*, United Nations, New York 1990.
- IPCC 1995 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Second Assessment Report (SAR)*, United Nations, New York 1995.
- IPCC 2001 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Third Assessment Report (TAR)*, United Nations, New York 2001.
- IPCC 2007 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Fourth Assessment Report (AR4)*, United Nations, New York 2007.

IPCC 2014 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Fifth Assessment Report (AR5)*, United Nations, New York 2014.

IPCC 2018 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Special Report on Global Warming of 1.5 C (SR15)*, United Nations, New York 2018.

LEE, ELTON, THOMPSON 1999 - J.T. LEE, M.J. ELTON, S. THOMPSON, *The role of GIS in landscape assessment: using land-use based criteria for an area of the Chiltern Hill Area of Outstanding Natural Beauty*, in «Land Use Policy», 1999, 16/1, pp. 23-32.

LOMBARDI, TRISCIUOGGIO 2013 - P. LOMBARDI, M. TRISCIUOGGIO, *Itinerari, networking e liste di eccellenza*, in M. BAROSIO, M. TRISCIUOGGIO (a cura di), *I paesaggi culturali. Costruzione, promozione, gestione*, Alfaomega - Egea Università Bocconi Editore, Milano 2013, pp. 237-252.

MALERBA, MASSIMO, MUSOLINO 2018 - A. MALERBA, D.E. MASSIMO, M. MUSOLINO, *Valuating historic centers to save Planet soil*, in G. MONDINI ET ALII (eds.), *Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities: Results of Siev 2016*, Springer, Berlin 2018, pp. 297-311

MALERBA ET ALII 2019 - A. MALERBA ET ALII, *Post Carbon City: building valuation and energy performance simulation programs*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b, pp. 520-531.

MASSIMO 2015 - D.E. MASSIMO, *Green Building: Characteristics, Energy Implications and Environmental impacts. Case study in Reggio Calabria, Italy*, in M. COLEMAN-SANDERS (ed.), *Green Building and Phase Change Materials: Characteristics, Energy Implications and Environmental Impacts*, Nova Science Publishers, New York 2015, pp. 71-101.

MASSIMO ET ALII 2016 - D.E. MASSIMO ET ALII, *Valuation supports green university: case action at Mediterranea campus in Reggio Calabria*, in F. CALABRÒ, L. DELLA SPINA (eds.), «Procedia – Social and Behavioral Sciences», 2016, 223, pp. 17-24.

MASSIMO, CEFALÀ 2016 - D.E. MASSIMO, R.M. CEFALÀ, *New McaGis*, GeVaUL (Geomatic Valuation University Laboratory), Mediterranea University, Reggio Calabria 2016.

MASSIMO, MUSOLINO, MALERBA 2018 - D.E. MASSIMO, M. MUSOLINO, A. MALERBA, *A Green District to Save the Planet*, in G. MONDINI ET ALII (eds.), *Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities: Results of Siev 2016*, Springer, Berlin 2018, pp. 255-269.

MASSIMO ET ALII 2019 - D.E. MASSIMO ET ALII, *Geographically Weighted Regression for the post carbon city and real estate market analysis: a case study in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b*, pp. 142-149.

MEADOWS ET ALII 1972 - D.H. MEADOWS ET ALII, *The Limits to Growth*, Universe Book, New York 1972.

MUSOLINO, MASSIMO 2013 - M. MUSOLINO, D.E. MASSIMO, *Mediterranean urban landscape. Integrated strategies for sustainable retrofitting of consolidated city*, in *Sabiedriba, Integracija, Izglitiba. Utopie e distopie nel mosaico paesistico-culturale, Visioni Valori Vulnerabilità*, vol. III, University of Udine in cooperation with Rezeknes Augstskola, Udine 2013, pp. 49-60.

MUSOLINO, MASSIMO 2019 - M. MUSOLINO, D.E. MASSIMO, *Evaluation Models to Aid Choice of Investments Regarding Building Stocks in Mediterranean Urban Landscape*, in «Agribusiness, Paesaggio & Ambiente», 2019, 22/1, pp. 74-80.

MUSOLINO ET ALII 2019 - MUSOLINO ET ALII, *Building Efficiency Adopting Ecological Materials and Bio Architecture Techniques*, in M. MISTRETTA, A. SANTINI, B. MUSSARI (eds.), *La Mediterranea verso il 2030. Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici tra conservazione e rigenerazione*, «ArcHistoR Extra», 6, supplemento di «ArcHistoR», VI (2019), 12, pp. 706-717.

- NAIDOO, RICKETTS 2006 - R. NAIDOO, T.H. RICKETTS, *Mapping the economic costs and benefits of conservation*, in «PLOS Biology», 2006, 4/11, pp. 2153-2164.
- OPPIO, BOTTERO, ARCIDIACONO 2018 - A. OPPIO, M. BOTTERO, A. ARCIDIACONO, *Assessing urban quality: a proposal for a MCDA evaluation framework*, in «Annals of operational research», 2018, 10479, pp. 1-8.
- OPPIO, MALTESE, MARIOTTI 2018 - A. OPPIO, I. MALTESE, I. MARIOTTI, *Integrated valorization of cultural heritage*, in G. MONDINI ET ALII, *Green energy and technology*, Springer Verlag, Berlin 2018, pp. 401-410.
- SAATY 1980 - T.L. SAATY, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill International Book Company, New York 1980.
- SAATY, DE PAOLA 2017 - T.L. SAATY, P. DE PAOLA, *Rethinking Design and Urban Planning for the Cities of the Future*, in «Buildings», 2017, 7/1, pp. 23-32.
- SAMI 2000 - SAMI, *Strategic Assessment Methodology for the Interaction of CTP-Instruments*, European Union, Bruxelles 2000.
- SHUANG ET ALII 2010 - L. SHUANG ET ALII, *Valuing ecosystem services. Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis*, in «Annals of the New York Academy of Sciences», 2010, pp. 54-78.
- SPAMPINATO ET ALII 2019 - G. SPAMPINATO ET ALII, *Carbon Sequestration by Cork Oak Forests and Raw Material to Built up Post Carbon City*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b, pp. 663-671.
- TROY, WILSON 2006 - A. TROY, M.A. WILSON, *Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer*, in «Ecological Economics», 2006, 60/2, pp. 435-449.

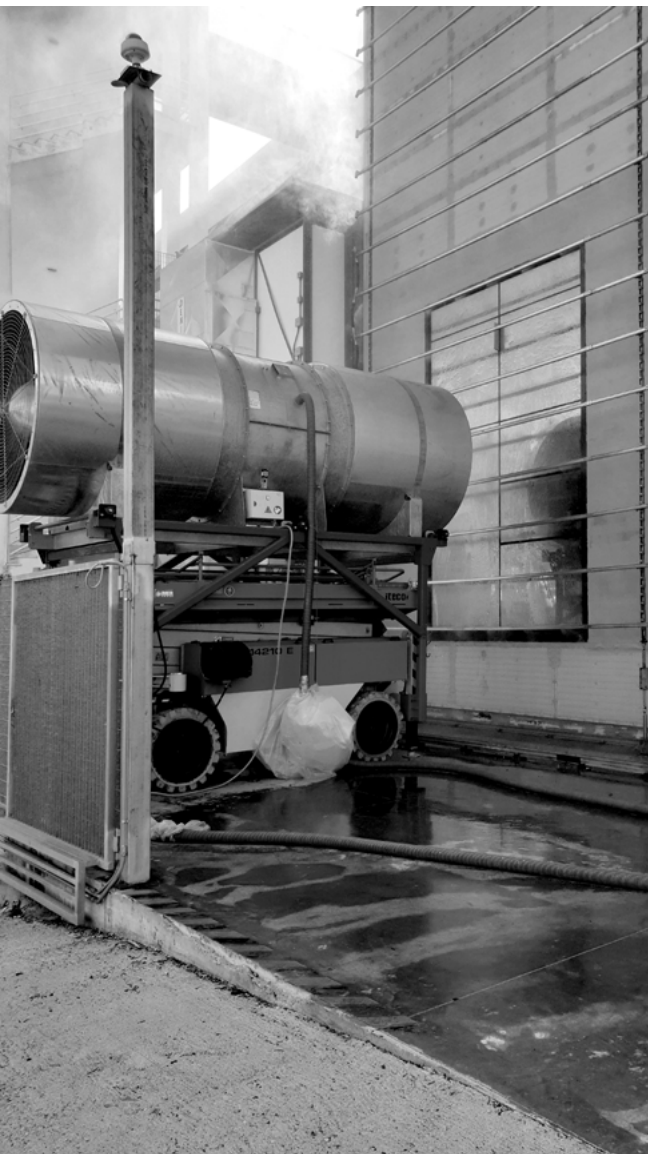
LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA



Indicators and Criteria for the Adaptive Design of the Resilient Built Environment in the Mediterranean Area in Order to Face the Challenge of Climate Change

Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio
mmilardi@unirc.it, mariateresa.mandaglio@unirc.it

The study refers to the ongoing research, aimed at defining a methodology that supports interventions that improve the resilience of the built environment, in a world of climate change. While it is known how the construction sector contributes to climate change, on the other hand, we also know that climate change substantially affects the resilience of the built environment. This situation therefore calls for the development of methodologies and tools useful for controlling the different dynamics that define relationships and synergies. With the use of new indicators and adaptive design approaches in sensitive environmental areas, we aim to investigate both "current conditions" and the applicability of strategies and solutions aimed at managing climate change in urban space, employing a new set of criteria. In particular, it was considered important to direct efforts towards the definition of adaptive envelopes, capable of controlling the two-way relationships between buildings and their context which influence the urban microclimate interdependently. The expected results are the following: the definition of a repertoire of urban assets that "trigger" climate change phenomena; the development of new indicators, to detect conditions of climate change in contexts; the definition of envelope models (useful for retrofits) with "plant-sensor" integration logics, for a "smart" approach in the microclimate control of the built environment.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR191



Indicatori e criteri di progettazione adattiva dell'ambiente costruito resiliente in area mediterranea per la sfida dei cambiamenti climatici

Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio

Lo studio fa riferimento a una ricerca in corso, il cui tema è la progettazione adattiva per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani per combattere il cambiamento climatico nell'area del Mediterraneo.

È ormai acclarato come in questi ultimi anni il tema dei cambiamenti climatici si è sviluppato e diffuso in maniera sempre più rilevante portando con sé una maggiore consapevolezza degli impatti che questo provoca in termini umani, ambientali, sociali che economici¹.

Già nel 1966 Mitchell definisce che il termine *climate change* si riferisce a “tutte le forme di incostanza climatica, indipendentemente dalle loro natura statistica o cause fisiche”.

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), invece, lo delinea come “una variazione statisticamente significativa dello stato medio del clima o della sua variabilità, persistente per un periodo esteso, causata sia dalla sua variabilità naturale, sia dall'attività umana”, ovvero quando le cause umane sono attribuibili e fanno riferimento alla variabilità climatica.

Il paragrafo introduttivo; *Background*; *Obiettivi e risultati attesi*; *Metodi e strumenti*; *Sviluppi futuri della ricerca* sono da attribuire a Martino Milardi. Il paragrafo *Stato dell'arte* è da attribuire a Mariateresa Mandaglio.

1. BOM & CSIRO 2014.

Al contempo, l'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) definisce che non si può attribuire solo all'uomo la principale responsabilità dei cambiamenti climatici in atto, poiché il mutamento del clima rappresenterebbe un fenomeno ciclico². Lo studio del clima e dei suoi cambiamenti rappresenta, quindi, un esempio emblematico della sfida intellettuale ed operativa che oggi viene posta dai sistemi complessi e i modelli matematici rappresentano gli strumenti ideali per coglierne il comportamento³. In particolare gli edifici affrontano i maggiori rischi di danni causati dagli impatti previsti del cambiamento climatico tra cui vento forte più frequente, aumento del calore, in particolare nelle città (effetto *Urban Heat Island*) e inondazioni e incendi che accompagnano alcuni eventi meteorologici estremi.

A tal fine il settore delle costruzioni richiede sempre di più uno sviluppo di metodologie e strumenti innovativi per limitare gli impatti dei cambiamenti climatici sull'ambiente urbano da un lato e, soprattutto, mitigare o dove possibile eliminare i fenomeni derivanti dalle dinamiche dell'ambiente costruito che innescano cambiamenti climatici alla piccola e alla grande scala⁴.

Stato dell'arte

Il riscaldamento globale ha portato ad una revisione critica delle soluzioni di efficientamento energetico fino ad oggi più frequentemente utilizzate, spostando in particolare l'attenzione sul comportamento degli edifici in regime estivo⁵, fino ad arrivare, oggi, ad una necessità progettuale resiliente ed adattiva. Negli ultimi anni, infatti, sta sempre di più prendendo piede, soprattutto nel settore delle costruzioni, il concetto di resilienza⁶ che vuole identificare una visione olistica del

2. La Terra ha 4.6 miliardi di anni con i cicli orbitali, ed in particolare il ciclo di Milanković, che determina periodi caldi e periodi freddi (interglaciali e glaciali) secondo epoche ricorrenti ogni 400.000 anni circa. I cicli solari, inoltre, hanno comportato variazioni nella costante solare, che si misura in W/m² con l'aumento globale delle temperature. Il Sole, tuttavia, attraversa un periodo di diminuzione della sua attività, con un picco negativo nel 2009 che avrebbe dovuto portare a una conseguente diminuzione delle temperature. Durante le epoche storiche il clima è sempre cambiato, ma ad accentuare questi cambiamenti sono anche gli eventi e le azioni, soprattutto umane (dalla Rivoluzione Industriale ad oggi) - Gianluca Lentini, ERSAF (Ente Regionale Servizi Agricoltura e Foreste) rivista IAASM - International Alumni Association Scuola Mattei.

3. PASINI *ET ALII* 2005.

4. ANTONINI, TUCCI 2017.

5. KOVATS *ET ALII* 2014.

6. Nel campo dell'ecologia, questo concetto è già emerso negli anni '70, per descrivere la capacità di un sistema di mantenere o ripristinare la funzionalità in caso di interruzione o disturbo.

processo edilizio analizzando gli impatti dei danni attraverso una metodologia dinamica al fine di considerare le capacità di “adattamento” dei sistemi.

Risulta sempre più evidente come i cambiamenti climatici richiedano una sostanziale modifica degli approcci alla progettazione di edifici per rendere i sistemi urbani più resilienti al climatechange.

Le attività di ricerca teorica e progettuale in atto riguardano lo studio di soluzioni innovative che limitino i fabbisogni di energia agendo sull’involucro edilizio nella sua componente opaca e trasparente. In tal senso, l’innovazione tecnologica ha consentito lo sviluppo e la caratterizzazione di materiali, tecnologie e componenti innovativi multifunzionali ai fini della riduzione dei consumi energetici e il miglioramento della qualità abitativa nonché di soluzioni innovative.

L’aspetto energetico diventa il campo privilegiato di indagini sia teoriche che applicate che possono ramificarsi in ricerche che sviluppino un approccio strategico-progettuale e di processo, analizzano il comportamento dell’edificio rispetto al contesto e individuano le strategie progettuali più adatte per il risparmio energetico, privilegiano tecniche e tecnologie innovative per la riduzione dei consumi energetici, studiando componenti e materiali sempre più efficienti.

Background

I cambiamenti climatici probabilmente aumentano la frequenza e l’intensità delle ondate di calore, in particolare nell’Europa meridionale. Le strategie adattive includono l’utilizzo di massa termica, raffreddamento ventilatorio e frangisole a livelli estremi.

La recente programmazione della politica tecnica nazionale e internazionale individua nella rigenerazione delle aree urbane una opportunità capace di determinare positive ricadute per uno sviluppo socio-economico sostenibile, oggi sempre più orientato a far fronte alla nuova pressante emergenza del cambiamento climatico⁷.

Rigenerazione urbana, resilienza e adattività sono, infatti, parole chiave del Programma Horizon 2020, declinate sia con riferimento alle sfide sociali sia con riferimento allo sviluppo di sistemi urbani sostenibili e “smart”.

La letteratura scientifica sul clima, sulla progettazione ambientale e sull’ecologia urbana, evidenzia infatti l’opportunità di declinare il progetto urbano in termini di resilienza e di adattamento agli

7. BULKELEY, BETSILL 2005.

effetti del *climatechange*⁸ secondo un approccio di *adaptive design*, ovvero un approccio capace di coniugare l'azione di rigenerazione urbana con obiettivi di riduzione del rischio ambientale.

L'*adaptive design* assume un ruolo centrale in linea con gli indirizzi di sviluppo della UE: dagli obiettivi di *Cities of Tomorrow* a quelli del 2030 *Climate and Energy Policy Framework*, all'iniziativa *Roadmap 2050* promossa dalla European Climate Foundation, che vedono l'attuazione di programmi di rigenerazione basati su principi di adattamento come risposta alle sfide ambientali e socioeconomiche⁹.

Documento principale di riferimento della ricerca è la *Cohesion Policy 2014-2020* che ha tra gli obiettivi prioritari l'incremento della resilienza del sistema urbano supportando un processo progettuale adattivo ed *ecosystem-based*.

Da questo scenario emerge l'esigenza di sviluppare un iter di ricerca multi-disciplinare per poter indirizzare i processi di rigenerazione urbana verso obiettivi *climateoriented* e di resilienza, integrati con le strategie su sicurezza, comfort, salute e utilizzo razionale delle risorse.

In questa luce, l'*adaptive design* rappresenta un interessante campo di avanzamento di ricerca, come risposta integrata, innovativa e misurabile alla vulnerabilità climatica dei sistemi urbani, per definire metodologie, linee di indirizzo strategico, soluzioni progettuali sperimentali e di innovazione tecnologica legate ai contesti. Il contributo qui presentato fa riferimento ad una ricerca, ancora in corso, che affronta il tema della rigenerazione dei distretti urbani attraverso approcci di *adaptive design*, finalizzati all'adattamento e alla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico sull'ambiente costruito e viceversa.

Obiettivi e risultati attesi

L'approccio progettuale di riferimento per le simulazioni applicative è quello di tipo "adattivo", ovvero quello che mira a sviluppare un processo dinamico analizzando le prestazioni del sistema urbano nelle sue differenti componenti e in relazione al suo efficace funzionamento.

L'obiettivo della ricerca è studiare l'applicabilità delle strategie e le possibili soluzioni tecnologiche per comprendere le dinamiche che influenzano la vulnerabilità ai cambiamenti climatici dello spazio urbano collocato in area mediterranea, e la sua capacità di recupero al fine di poter indirizzare la

8. FOLKE 2002.

9. BARRY ET ALII 2006.

sperimentazione verso la realizzazione di involucri efficienti e adattivi verificato attraverso test avanzati effettuati presso laboratori specializzati. Le condizioni climatiche delle aree mediterranee possono rappresentare un punto critico dell'involucro edilizio, poiché è l'elemento capace di gestire e regolare i flussi energetici. Nello specifico La ricerca qui descritta si propone di definire processi e tecnologie per lo studio e controllo delle relazioni bi-univoche tra edificio e contesto, ovvero, quelle che influenzano in modo interdipendente il microclima dello spazio urbano. Questo, attraverso lo sviluppo di: affidabili casistiche fenomenologiche dei cambiamenti climatici in ambiente mediterraneo; nuovi modelli di assetti urbani riconducibili a fenomeni microclimatici; indicatori robusti utili al rilievo degli elementi che instaurano sinergie di cambiamento climatico, sia prodotto che "subito".

Il carattere originale della ricerca risiede nella volontà di proporre modelli di progettazione di involucri concepiti secondo logiche di integrazione impiantistica e sensoristica mirando a concretizzare un nuovo approccio alle logiche "smart" dell'ambiente urbano.

In particolare, assimilare la nuova stratificazione dell'involucro a un sistema linfatico "radicato" alla rete urbana, offre la possibilità di mediare e stemperare i carichi termici indotti dalle superfici verticali diminuendo così gli effetti delle isole di calore che andrebbero a sommarsi agli altri aumentandone l'effetto sinergico. Infatti, se ormai è consolidata la lettura degli effetti delle isole e ondate di calore in ambiente urbano, o comunque degli altri fenomeni derivanti dal cambiamento climatico come le "bombe d'acqua", l'innovazione della ricerca è far interagire l'involucro con le isole di calore o i fenomeni estremi, in termini di risposta attiva, dinamica o adattiva.

Nella logica di *downscaling* degli approcci, i principali risultati attesi sono:

- definizione di un repertorio degli assetti urbani che "innescano" fenomeni di cambiamento climatico;
- sviluppo di indicatori, capaci di comparare di assetti urbani in condizioni di *climate change*;
- proporre modelli di progettazione di involucri concepiti secondo logiche di integrazione impiantistica e sensoristica, per concretizzare un approccio "smart" per il microclima dell'ambiente urbano.

Metodi e strumenti

L'edificio è un sistema complesso di elementi strutturati e interrelati che rispondono nel loro insieme, e ciascuno per la sua parte, a una funzione assegnatagli, al pari di quanto avviene in altri settori produttivi. Poiché ogni sistema presenta una propria vulnerabilità nei confronti di specifiche

sollecitazioni, sia naturali che antropiche a seguito di determinate cause di perturbazione, non è facile valutarle e misurarle ma è possibile almeno controllarne la meta-stabilità, evitando il rischio di superare la soglia di resilienza.

È proprio in questo ambito tematico che la ricerca si colloca sviluppando un set di indicatori chiave e di sintesi che consentono l'analisi, la simulazione e la comparazione degli scenari. A partire dalla letteratura scientifica di riferimento, si individuano, infatti, appropriati benchmark per correlare i parametri prestazionali al potenziale rigenerativo dei distretti urbani, analizzando le condizioni di vulnerabilità e prefigurando quelle di adattabilità e resilienza. Un riferimento chiave è costituito da parametri ambientali individuati nell'ambito di esperienze internazionali, quali *Biotope Area Factor*, *City Biodiversity Index*, *Low Impact Development* nonché dai protocolli nazionali, quali GBC-Italia Quartieri e ITACA.

La costruzione del sistema di indicatori vuole rappresentare un avanzamento rispetto allo stato dell'arte, poiché quelli attualmente in uso sono applicati in maniera parziale e non supportano la richiesta di controllo integrato propria di interventi resilienti.

La ricerca si è quindi articolata secondo le fasi:

- conoscenza/tassonomia;
- misura/valutazione;
- sperimentazione/comparazione.

Il contesto applicativo della ricerca è costituito da 3 distretti urbani della città di Reggio Calabria che costituiscono degli affidabili e rappresentativi modelli degli assetti urbani riconducibili ai tessuti costruiti in area mediterranea. Su questi Distretti si intendono sviluppare delle simulazioni di condizioni di cambiamento climatico, dovuto in larga misura alle isole e alle ondate di calore ai fenomeni pluviometrici estremi, ai "micro-tifoni" che in questi ultimi anni si formano in modo alquanto frequente nelle zone costiere. Attraverso l'interpolazione algoritmica dei dati relativi ai materiali di superficie, agli assetti urbani, ai fattori ed elementi climatici, mediante software di modellazione sarà possibile la simulazione delle dinamiche di fenomenologia e funzionamento climatico tale da rendere possibile lo studio delle interdipendenze o comprensione delle differenti azioni di "innesco" e di "passività". Le attività di ricerca sono facilitate dall'opportunità di poter disporre di un laboratorio permanente la Sezione TCLab del BFL *Building Future Lab* finalizzato al testing avanzato degli involucri edilizi. Tale infrastruttura consente di sperimentare nuovi approcci e sistemi tecnici per l'edificio sostenibile del futuro.

Attraverso strumentazioni che riproducono su *mock-up* di involucri, sollecitazioni climatiche estreme è possibile studiare non solo le risposte prestazionali degli involucri ma anche misurare le caratteristiche

resilienti degli stessi. Questo, consente di configurare i vari scenari di adattività degli edifici orientando le decisioni progettuali verso le opzioni più congruenti ai diversi contesti di riferimento e relazione¹⁰.

Sviluppi futuri della ricerca

Partendo dal concetto di resilienza e applicando un approccio progettuale adattivo, è importante identificare e sintetizzare i risultati attesi.

I cambiamenti climatici già in essere, e quelli futuri impongono l'individuazione di strategie di adattamento finalizzate a contenere gli impatti negativi e a sfruttare eventuali effetti positivi.

In Europa, gli edifici rappresentano un pezzo critico di qualsiasi futuro globale a basse emissioni di carbonio. Tuttavia, in molti paesi in via di sviluppo, vi è anche una sostanziale necessità di alloggi e servizi di base. Politiche efficaci in questi paesi possono portare a edifici e insediamenti più ampi, che resistono al clima e utilizzano l'energia in modo molto efficiente, frenando così l'aumento delle emissioni di gas a effetto serra.

La resilienza è, quindi un concetto con più dimensioni che necessita l'individuazione di nuovi comportamenti e modifiche alle politiche e alle pratiche. Andare verso la resilienza significa progettare in funzione non solo del contesto e dei possibili rischi presenti, ma anche delle condizioni culturali di partenza e aumentando la capacità di adattamento degli edifici attraverso le innovazioni tecnologiche in atto. Da quanto detto emerge che le tematiche ambientali e le problematiche che scaturiscono dalle interazioni esistenti tra edificio e contesto riportano spesso l'attenzione sull'involucro e sulla sua progettazione con la necessità di analizzarlo nella sua completa messa a sistema. Sembra quindi fondamentale la definizione di un repertorio di risorse urbane che "innescano" fenomeni di cambiamento climatico, nello specifico in area mediterranea, e individuarne gli indicatori al fine di proporre modelli di design di sviluppo per realizzare un approccio "intelligente" per il microclima dell'ambiente urbano.

La ricerca, essendo ancora in progress potrebbe avere, inoltre, ricadute applicative nell'ambito degli indirizzi strategici nazionali ed europei che vedono nelle azioni di adattamento al cambiamento climatico un fattore essenziale per lo sviluppo sostenibile delle città. Attraverso l'individuazione degli indicatori è, inoltre, possibile, sviluppare un protocollo dinamico e applicabile in differenti situazioni di contesto urbano e ambientale.

Pertanto le relazioni fra le problematiche indagate, i parametri e gli indicatori energetici, costituiscono una modalità di lettura innovativa e interrelata delle prestazioni energetiche.

10. MILARDI 2016.

Bibliografia

ANTONINI, TUCCI 2017 - E. ANTONINI, F. TUCCI (a cura di), *Architettura, Città e Territorio verso la GREEN ECONOMY*, Edizioni Ambiente, Milano 2017.

ARUP & PARTNERS 2014 - ARUP & PARTNERS, *City Resilience Framework, for "100 Resilient Cities"*, project of Rockefeller Foundation, 2014, <https://assets.rockefellerfoundation.org/app/uploads/20140410162455/City-Resilience-Framework-2015.pdf> (ultimo accesso 24 marzo 2019).

BARRY, JOHANNA 2006 - S. BARRY, W. JOHANNA, *Adaptation, adaptive capacity and vulnerability*, in «Global Environmental Change», 2006, 16/3, pp. 282-292.

BOM & CSIRO 2014 - BOM & CSIRO, *State of the climate*, 2014, <http://www.bom.gov.au/state-of-the-climate/2014/> (ultimo accesso 15 gennaio 2019).

BROWN ET ALII 2014 - R.D. BROWN ET ALII, *Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change*, in «Landscape and urban planning», 2014, 138, pp. 118-131.

BULKELEY, BETSILL 2005 - H. BULKELEY, M. BETSILL, *Cities and Climate Change*, Routledge, London and New York 2005.

CHAMPAGNEA, AKTASA 2016 - L. CHAMPAGNEA, B. AKTASA, *Assessing the Resilience of LEED Certified Green Buildings*, in «Procedia Engineering», 2016, 145, pp. 380-387. (International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction).

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 2015 - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 39, *Towards a comprehensive climate change agreement in Copenhagen*, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0039:FIN:EN:PDF> (ultimo accesso 23 giugno 2019).

D'AMBROSIO, LEONE 2016 - V. D'AMBROSIO, M.F. LEONE, *Progettazione ambientale per l'adattamento al ClimateChange. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza. Environmental Design for ClimateChangeadaptation. Innovative models for the production of knowledge*, CLEAN, Napoli 2016.

DICKSON ET ALII 2012 - E. DICKSON ET ALII, *Urban risk assessments: an approach for understanding disaster and climate risk in cities*, The World Bank, Washington DC 2012.

Exploring the EU ETS beyond 2020 2015 - *Exploring the EU ETS beyond 2020. A first assessment of the EU Commission's proposal for Phase IV of the EU ETS (2021-2030)*, <https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2015/11/15-11-30-COPEC-FULL-REPORT.pdf> (ultimo accesso 16 febbraio 2019).

FITCH 1972 - J.M. FITCH, *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Mifflin, Boston 1972.

FOLKE ET ALII 2002 - C. FOLKE ET ALII, *Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations*, in «Ambio», 2002, 31/5, pp. 437-440.

GIVONI ET ALII 2003 - B. GIVONI ET ALII, *Outdoor comfort research issues*, in «Energy and Buildings», 2003, 35/1, pp. 77-86.

IPCC 2014 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, <http://www.ipcc.ch/report/ar5> (ultimo accesso 18 marzo 2019).

MILARDI 2016 - M. MILARDI, *An applied research laboratory for technological innovation processes in building*, in «TECHNE», 2016, 11, pp. 113-118.

MILARDI 2018 - M. MILARDI, *Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes*, in «Journal of Technology Innovations in Renewable Energy», 2018, 6, pp. 108-117.

PASINI ET ALII 2005 - G.PASINI ET ALII, *Hardware Implementation of a Broad-Band Vector Spectrum Analyzer Based on Randomized Sampling*, in «IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement», 2005, 54, pp. 1575-1582.

SABBIONI, BONAZZA 2016 - C. SABBIONI, A. BONAZZA, *Gli effetti dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale monumentale, la conoscenza dello scenario euro-mediterraneo per possibili azioni di mitigazione*, in «Energia, ambiente e innovazione», 2016, <http://www.eai.enea.it/archivio/anno-2016/patrimonio-culturale/gli-effetti-dei-cambiamenti-climatici-sul-patrimonio-culturale-monumentale-la-conoscenza-dello-scenario-euro-mediterraneo-per-possibili-azioni-di-mitigazione/@download/pdf/Clima-e-patrimonio-culturale.pdf> (ultimo accesso 27 aprile 2019).

ZINN, FITZSIMONS 2014 - J. ZINN, P. FITZSIMONS, *Decision taking in times of uncertainty: towards an efficient strategy to manage risk and uncertainty in climate change adaption*, Victorian centre for climate change adaption research, <http://www.vcccar.org.au/publication/literature-review/decision-taking-in-times-uncertainty-towards-an-efficient-strategy-to> (ultimo accesso 24 marzo 2019).

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici,
tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Creating a Waterproof City Along the Mediterranean Sea

Francesca Moraci, Maurizio Errigo
fmoraci@unirc.it, maurizio.errigo@unirc.it

The European Commission has adopted the European Adaptation Strategy with the obligation for all the Member States to implement national plans to cope with the inevitable Climate Change impacts by 2017. Creating a waterproof city requires intensive cooperation, public awareness and citizens involvement. The issues are very topical because of the recent increase in extreme events related to climate change: heavy rains, tornadoes, water scarcity, drought. In recent years, there have been phenomena due to climate change, with temperatures and precipitations that have significant values of interest not in the conformation of the average value, but especially in the maximum seasonal and daily peak intensity. The methodology provides the study of some case studies that have been characterized by the experimentation of policies and strategies for successful adaptation and mitigation of hydraulic risks, in particular with regard to the preparation of climate adaptation strategies that have been tested successfully in some cities like Copenhagen, Rotterdam, Vancouver...The main goals and results of the research are related to the replicability of the analyzed best practices, with the aim of providing the municipalities of Southern Italy, and in particular of the Calabrian and Sicilian areas, with the appropriate tools and strategies to create waterproof cities with the full involvement of the settled communities.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR192



Creare una *Waterproof City* lungo il mare Mediterraneo

Francesca Moraci, Maurizio Errigo

Il *waterscapes*¹ è un luogo di relazioni, uno spazio di relazione tra ecosistemi diversi, un tessuto di frangia, un limite ma anche e soprattutto uno spazio connettivo dove si manifestano le più evidenti relazioni tra terra e acqua, tra ciò che è consentito fare ed il limite delle trasformazioni urbane. Il *waterscapes*, lo spazio d'acqua, deve identificarsi come luogo ad alto valore paesaggistico, ad alta vulnerabilità ambientale ma anche e soprattutto come spazio strategico per il progetto urbano e, in quanto tale, deve essere connotato ed integrato nelle sue dinamiche trasformative da un approccio resiliente che consenta di preservarlo da eventi naturali avversi come i nubifragi e i diversi rischi idrogeologici. L'acqua che ne connota l'essenza può anche rivelarsi elemento di profonda debolezza amplificante la vulnerabilità stessa del *waterscapes*.

Il *waterscapes* è uno degli spazi che, prima degli altri, deve relazionarsi con il *climate change*, confrontarsi con le dinamiche ambientali e sviluppare un progetto di territorio che non solo consideri le vulnerabilità ambientali ma che tenti di anticipare le dinamiche trasformative per creare una città

Il paragrafo introduttivo è da attribuire a Maurizio Francesco Errigo. Il paragrafo *Verso una sicilian waterproof city* è da attribuire a Francesca Moraci. L'articolo è stato prodotto con il contributo di tutti gli autori che ne hanno approvato la versione finale.

1. Il termine *Waterscapes* appartiene ad alcune nostre ricerche scientifiche; il concetto è stato introdotto da Maurizio Francesco Errigo, si veda ERRIGO 2018a.

adattativa e resiliente. I cambiamenti climatici in atto in questo momento storico sono caratterizzati da effetti ambientali che manifestano ripercussioni dirette ed indirette sui sistemi urbani e sulle dinamiche territoriali; tali effetti possono essere riassunti nel riscaldamento globale del pianeta (+ 1,7°C di aumento temperatura negli ultimi 50 anni²), nello scioglimento del *permafrost* e dei ghiacciai, nell'innalzamento del livello del mare, nell'aumento delle concentrazioni di gas ad effetto serra (anidride carbonica, metano e diversi clorofluoro carburi...), nell'aumento nella frequenza e nell'intensità di eventi climatici estremi come siccità, piogge improvvise, alluvioni, ondate di caldo e freddo, nell'incremento del rischio di desertificazione, nella perdita di biodiversità e nell'aumento del rischio idrogeologico con l'esposizione sempre maggiore a rischio di frane e di alluvioni. Tali effetti hanno le maggiori ripercussioni nelle aree urbane, zone in cui si verificano i maggiori costi sociali dei cambiamenti climatici perché le trasformazioni dell'ultimo secolo e la massiccia impermeabilizzazione dei suoli hanno provocato effetti quali l'isola di calore e diversi cambiamenti sul deflusso delle acque, che stanno causando notevoli impatti ambientali. Nelle città con maggiore densità, che hanno la presenza di ridondanti reti infrastrutturali e con vaste superfici impermeabilizzate, si accumula una notevole quantità di energia termica che la stessa struttura urbana non riesce a smaltire ed aumenta così il differenziale termico con le circostanti zone rurali, con un conseguente maggiore inquinamento dell'aria e delle falde idriche. Aumenta così la vulnerabilità del territorio ed si verifica il peggioramento del comfort climatico per i cittadini e per le comunità insediate, dovuto essenzialmente al cambiamento del microclima urbano. Aumentano quindi i rischi perché aumenta la vulnerabilità³ del sistema ambientale.

Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle città concernono principalmente l'aumento dei rischi per la salute dei cittadini, l'incremento di domanda energetica, gli stress ambientali, le carenze negli approvvigionamenti idropotabili, l'incremento dei rischi idrogeologici (inondazioni, instabilità morfologica, incendi), l'aumento degli effetti dell'isola di calore nelle aree più densamente popolate. I principali effetti sono direttamente collegati alla risorsa acqua che diventa principale elemento di pericolo in caso di eventi climatici avversi e devastanti e, soprattutto, in caso di intensità di precipitazioni che superano il regime pluviometrico di 30 mm/h, configurando dei *waterscapes* contraddistinti da fenomeni di nubifragio, come quelli verificatosi, negli ultimi anni, con effetti

2. IPCC 2018.

3. Nell'equazione di rischio si ha $R = P \times V \times E \times R_s$, dove P è Pericolosità, V è Vulnerabilità, E è Esposizione e R_s è la Resilienza del sistema, ovvero la capacità di rispondere in caso di evento avverso. È chiaro che se una delle variabili (P, V, E) aumenta, aumenta il rischio (R) dell'intero sistema.

catastrofici, in diverse città del mondo; Pechino 21-22 luglio 2012, Houston 24 maggio 2014, Berlino 22 luglio 2017, Mumbai 20 settembre 2017, Roma 20 ottobre 2018 sono solo alcuni esempi; la Sicilia⁴ è stata interessata da eventi di una certa intensità nell'ottobre 2018 con precipitazioni che hanno assunto localmente carattere di nubifragio, tra cui si segnalano quelli che hanno interessato le città di Siracusa, nel cui entroterra sono caduti 112 mm in 24 ore, e di Catania, dove l'intensità ha raggiunto 52 mm/h con un totale di 81 mm giornalieri, con conseguenti diffusi allagamenti nel centro urbano. Si sono registrate esondazioni dei fiumi Gornalunga e San Leonardo, oltre che di canali ed affluenti, con vaste aree della piana di Catania allagate con gravi conseguenze per le produzioni agricole. A Catania la stazione di rilevamento ha registrato un totale di 81,6 millimetri di acqua caduta al suolo nella giornata del 3 ottobre 2018, di cui 52,8 caduti in una sola ora tra le 14 e le 15. Storicamente occorre risalire fino al 1976 per trovare quantitativi superiori, costituendo così, quello del 2018, l'ottobre più piovoso dell'ultimo trentennio. Va inoltre evidenziata l'elevata frequenza di eventi a carattere di nubifragio o alluvionale, coincidenti quasi sempre con circolazioni cicloniche attive sul basso Mediterraneo. Come si evince da questi dati, il problema non sono i mm di pioggia annui ma l'intensità di picco giornaliera; per descrivere efficacemente questi eventi nel 2003 a Carrara fu utilizzato per la prima volta il termine "bomba d'acqua" che riprese ad essere utilizzato dal 2013 per descrivere i fenomeni atmosferici sempre più frequenti⁵.

Oggi la sfida non è più quella di arginare e rimuovere l'acqua, ma di trovare gli strumenti giusti per poter convivere e trasformare i disastri annunciati in un'importante risorsa di approvvigionamento, creando una *waterproof city* in modo che il metabolismo circolare urbano diventi un nuovo paradigma all'interno del progetto urbano. Tutti gli argomenti esposti in questo saggio sono riconducibili agli Obiettivi di Agenda 2030, in particolare all'Obiettivo 13 sulla promozione di azioni per fronteggiare il cambiamento climatico ed ai sub-obiettivi 13.1, 13.2 e 13.3 relativi alla resilienza, alle strategie nazionali ed alla pianificazione urbanistica ed alla sensibilizzazione dei cittadini.

4. I dati climatici siciliani relativi a temperature e precipitazioni sono elaborati dall'Osservatorio regionale delle acque siciliano attraverso i "Report Siccità" aggiornati mensilmente.

5. Rosso 2017.

Verso una sicilian waterproof city

Nonostante sia da diversi anni che avvertiamo gli effetti dei cambiamenti climatici, non tutte le nazioni si sono adoperate per definire strategie per mitigarne gli effetti; l’Olanda è la nazione più prolifica che, sin dal 2008, ha riservato grande attenzione e dimostrato sensibilità verso questa tematica, soprattutto a causa della sua conformazione geomorfologica che la pone come un’area ad altissima vulnerabilità in caso di eventi avversi. La pianificazione spaziale olandese si è sempre interfacciata con le diverse vulnerabilità ambientali, sin dalla creazione dei *polder*, intensificando la progettazione di difesa idraulica soprattutto nel 1927-1932 con la creazione della diga dell’Afsluitdijk⁶, e negli anni successivi alla grande alluvione del 1953 con i Delta Works⁷, la cui opera più famosa è la diga Marslant Storm Surger che protegge la città di Rotterdam in caso di innalzamento del livello del mare. L’Unione Europea, nel 2009, ha pubblicato *the White Paper “Adapting to climate change”*; in Italia, nel 2013, l’Istituto Nazionale di Urbanistica ha promosso a Venezia una giornata di studi sull’adattamento climatico in ambito urbano dal titolo *Il clima cambia le città* e, nel 2017, il Ministero dell’Ambiente italiano ha redatto il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici, recependo alcune direttive europee. Tante direttive e tante strategie climatiche che, però, non sempre si rivelano efficaci. Il riscaldamento globale sta provocando l’inasprimento degli eventi temporaleschi che si abbattano con una furia incontrollabile, provocando danni soprattutto nelle città, specie in quelle costiere o attraversate da bacini fluviali.

Il nostro paese è a forte rischio idrogeologico, un rischio innescato da cause geografiche, legate al clima, all’orografia, alla geologia e alla geomorfologia; gran parte del territorio è perciò assai suscettibile a frane e alluvioni; l’area del Mediterraneo è considerata una “Hot spot climatica”, la temperatura media è aumentata di 1,7°C negli ultimi 50 anni, le precipitazioni sono diminuite del 5% ma ne è aumentata l’intensità di picco giornaliera che ha assunto carattere sempre più intenso e distruttivo. Alle nostre Latitudini le montagne, irraggiate dal sole, tendono a scaldarsi di più delle pianure e quindi tendono a creare correnti ascensionali di aria più calda che a contatto con l’aria più fredda in quota tendono a creare formazioni nuvolose più grandi. È per questo che le bombe d’acqua e le intensità di picco delle precipitazioni si verificano maggiormente in zone che hanno un’orografia di questo tipo; la Sicilia è da molti anni interessata da problemi derivanti della gestione delle acque e, in questo

6. L’Afsluitdijk che sbarra a nord lo Zuiderzee dal mare del nord, è stata progettata dall’ingegnere Henri Stevin ed è lunga 32 km.

7. I Delta Works sono un’eccezionale sistema di difesa idraulica costituito da 11 dighe sul Reno, sullo Schelda e sul Mosa.

momento di forti cambiamenti climatici, si trova impreparata nella *governance*, ed ha necessità di conoscenza e competenza. Per la creazione di un progetto di *waterproof city* si sono quindi selezionati alcuni ambiti di studio che avessero le caratteristiche ricercate per la sperimentazione: un pessimo rapporto con l'acqua caratterizzato da nubifragi ed alluvioni che hanno presentato un elevato livello di pericolosità idraulica ed idrogeologica; casi studio che hanno presentato, negli anni, numerosi fenomeni di vulnerabilità ai cambiamenti climatici, soprattutto in relazione alle intensità di picco meteoriche. Si sono così selezionati i territori di studio di: Partanna⁸ (Pa), Comiso (Rg), Vittoria (Rg), Gela (Cl), Bronte (Ct), Giampileri (Me), Giardini Naxos (Me), con l'intento di creare, durante un frame temporale di qualche anno, un atlante della resilienza siciliano che descrivesse, nel dettaglio di ogni comune indagato, problematiche ed azioni ipotizzate. Gli eventi di precipitazione intensa espongono le città, anche e soprattutto in Sicilia, a rischi dovuti principalmente a due fenomeni: l'esondazione di corpi idrici superficiali in seguito a eventi che interessano bacini idrici più o meno grandi a monte delle aree urbane e le inondazioni nelle aree urbane per mancata capacità dei sistemi di drenaggio di smaltire quantità di acqua superiori ai valori per i quali essi erano stati progettati. Il deflusso di queste acque avviene di conseguenza prevalentemente per via superficiale creando accumuli e corsi di acqua nelle strade, nelle zone e infrastrutture più basse come sottopassi, metrò, etc., e nei piani inferiori degli edifici.

In questi territori di studio e di sperimentazione scientifica, che caratterizzano questa ricerca scientifica in progress che ha l'ambizione di costruire un Atlante della resilienza urbana siciliana, si stanno promuovendo strategie, azioni e progetti su quattro ambiti principali: il sistema insediativo, la mobilità, l'ambiente ed il sistema sociale; si sta cercando di creare una *waterproof and resilient city* con azioni di progettazione resiliente capace di adattare le città ed i territori ai cambiamenti climatici in atto, per aumentare la sicurezza, mitigare i fattori di rischio, proteggere le comunità, le infrastrutture, i servizi e le residenze dagli impatti devastanti del *climate change*. In tale progetto di città resiliente e adattativa è opportuno promuovere l'efficienza energetica, il risparmio delle risorse idriche, la permeabilità dei suoli, la cura del verde e la sicurezza ed il comfort degli edifici esistenti. Occorre promuovere una urbanistica per l'adattamento intervenendo in quei settori che possono avere ripercussioni su suolo, aria, acqua ed occorre quindi: limitare lo *sprawl* urbano, favorire il riuso e la rigenerazione urbana degli ambiti sotto-utilizzati, aumentare la permeabilità dei suoli, promuovere la mobilità sostenibile e ridurre l'inquinamento, decongestionare il flusso della mobilità privata e potenziare il TPL, tutelare il verde e gli spazi pubblici, realizzare sistemi fognari duali separando le

8. Partanna è un quartiere localizzato nel territorio comunale di Palermo.

acque bianche da quelle nere, organizzare lo stoccaggio delle acque meteoriche da destinare (con riuso) ad usi diversi, sviluppare la funzione termoregolatrice del verde urbano, ripristinare gli spazi della socialità, limitare gli sprechi e riutilizzare i rifiuti, intervenire sull'orientamento degli edifici e sulle facciate, promuovendo i tetti giardino, le *green facades* e favorendo l'albedo delle superfici per ridurre l'accumulo di energia termica. Occorre puntare all'utilizzo delle risorse rinnovabili. Una città resiliente è un sistema capace di modificarsi adattandosi per rispondere positivamente agli effetti dei cambiamenti climatici, è una città capace di mutare il proprio equilibrio al mutare delle condizioni al contorno; è un sistema che deve tendere ad essere: diversificato, efficiente, forte, adattabile, collaborativo.

La progettazione urbana è un processo di conoscenza; il concetto di Ecourbanistica⁹ individua un approccio sistemico che mira all'abbattimento della produzione di entropia all'interno dei sistemi urbani per fronteggiare i cambiamenti climatici; già Patrick Geddes, Ian McHargh e Lewis Mumford avevano individuato la pianificazione ecologica come strumento per aumentare il benessere delle città e combattere l'entropia, adesso occorre individuare quegli strumenti e quelle tecniche che consentano di adattare la città (nel breve periodo) e mitigare gli effetti climatici (nel medio-lungo periodo) per centrare quegli obiettivi che i diversi protocolli IPCC e diffuse normative e direttive europee pongono come fondamentali.

In tutti questi ragionamenti scientifici si evince che è proprio il quartiere urbano la "molecola fondamentale" per creare una città resiliente così come fondamentale è il ruolo delle communities; c'è la necessità di implementare una governance urbana consapevole e smart e di intraprendere azioni di sensibilizzazione urbana che puntino alla consapevolezza della community, che diventa parte attiva nella promozione delle politiche di resilienza urbana e nella creazione della città sostenibile. In ambito urbano gli interventi di *adaptive design* possono rappresentare un'azione strategica sia nel breve che nel medio termine, mentre le azioni di mitigazione viaggiano inevitabilmente su tempi medio-lunghi. La progettazione di edifici e contesti urbani a prova di scenari futuri critici diventa la sfida dell'*adaptive design* che, nella creazione di una *waterproof city*, deve interfacciarsi con diverse discipline e tecniche proprie dell'ingegneria e dell'architettura.

9. FISTOLA 2012.

Bibliografia

- BOKERN 2014 - A. BOKERN, *Flood Tactics. Water square in Rotterdam by De Urbanisten*, in «Uncube Magazine», 5 giugno 2014.
- C40 CITIES 2016 - C40 CITIES, *Climate Change Adaptation in Delta Cities*, London 2016 https://c40-production-images.s3.amazonaws.com/good_practice_briefings/images/5_C40_GPG_CDC.original.pdf?1456788885 (ultimo accesso 27 marzo 2019).
- CITY OF ROTTERDAM 2018 - CITY OF ROTTERDAM, *Making sustainability a way of life for Rotterdam. Rotterdam Programme on Sustainability and Climate Change 2015-2018*, Geemete Rotterdam, Rotterdam 2018.
- DELTA COMMISSIE 2008 - DELTA COMMISSIE, *Working together with water. A living land builds for its future*, Hollandia Printing, The Netherlands 2008.
- ERRIGO 2018a - M.F. ERRIGO, *Waterscapes. Progetti d'acqua. Città termali, fluviali e costiere in Italia e in Olanda*, Le Penseur, Potenza 2018.
- ERRIGO 2018b - M.F. ERRIGO, *The adapting city. Resilience through water design in Rotterdam*, in «TeMa, Journal of Land Use, Mobility and Environment», 2018, 1, pp. 82-92.
- FISTOLA 2012 - R. FISTOLA, *Ecourbanistica: per una nuova pianificazione nella città senza energia*, in L. COLOMBO (a cura di), *Città energia*, Le Penseur, Potenza 2012, pp. 135-142.
- GALDERISI, FERRARA 2012 - A. GALDERISI, F.F. FERRARA, *Enhancing Urban Resilience In Face Of Climate Change*, in «TeMa, Journal of Land Use, Mobility and Environment», 2012, 2, pp. 69-87.
- HOOIMEIJER, MEYER, NIENHUIS 2005 - F.L. HOOIMEIJER, V.J. MEYER, A. NIENHUIS, *Atlas van De Nederlandsewaterstad (Atlas of the Dutch water city)*, Sun Publishers, Amsterdam 2005.
- IPCC 2018 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Global Warming of 1,5°*, IPCC, Switzerland 2018 https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf (ultimo accesso 26 marzo 2019).
- KIMMELMAN 2017 - M. KIMMELMAN, *The Dutch Have Solutions to Rising Seas. The World Is Watching*, in «The New York Times», 15 giugno 2017.
- MORACI ET ALII 2018 - F. MORACI ET ALII, *Making Less Vulnerable Cities: Resilience as a New Paradigm of Smart Planning*, in «Sustainability», 2018, 10/3, 755, <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/755> (ultimo accesso 13 marzo 2019).
- MORACI, FAZIA 2013 - F. MORACI, C. FAZIA, *Le città smart e le sfide della sostenibilità*, in «TeMa, Journal of Land Use, Mobility and Environment», 2013, 6/1, pp. 35-45.
- RIJKS WATERSTAAT 2011 - RIJKS WATERSTAAT, *Water Management in The Netherlands*, Den Haag 2011.
- ROSSO 2017 - R. ROSSO, *Bombe d'acqua. Alluvioni d'Italia dall'Unità al III Millennio*, Marsilio, Venezia 2017.
- SENNET 2014 - R. SENNET, *Why climate change should signal the end of the city-state*, in «The Guardian», 9 ottobre 2014.
- SWART, SINGH 2013 - R.J. SWART, T. SINGH, *Mediation and the Adaptation Challenge: Identifying appropriate methods and tools to support climate change adaptation decision making*, Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands 2013.
- EPA 2016 - UNITED STATES, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA, *2016 Workplan: National Water Program Response to Climate Change, Office of Water, EPA, United States, 2016*, <https://www.epa.gov/climate-change-water-sector/planning-and-management-programmatic-response-climate-change-and-water#print> (ultimo accesso 27 marzo 2019).

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Risparmio energetico negli edifici mediante adozione di eco materiali e tecniche di Bio Edilizia.

Mariangela Musolino, Alessandro Malerba, Pierfrancesco De Paola,
Carmelo Maria Musarella
mariangela.musolino@unirc.it, malerbale@gmail.com,
pierfrancesco.depaola@unina.it, carmelo.musarella@unirc.it

Obiettivo. L'obiettivo di ridurre i sovra consumi energetici negli edifici e promuovere le città post-carbone può essere raggiunto adottando diverse misure ad opera di individui, imprese, costruttori, governi. L'isolamento termico degli edifici, o "passivazione" risulta essere uno dei più importanti investimenti per raggiungere questi risultati.

Metodi e Soluzioni. L'isolamento termico (o "passivazione") può essere realizzato con pannelli di sughero, che è un materiale naturale e rinnovabile. Esso stesso è il risultato dell'eliminazione (sequestrazione) della CO₂. Non solo, è un deposito di C. Può quindi efficacemente contribuire a realizzare concretamente lo Post Carbon City migliorando l'isolamento ed eliminando lo spreco di energia. Ampliare le aree occupate da sugherete aumenta in modo permanente l'assorbimento e la eliminazione definitiva ovvero il sequestro della CO₂.

Risultati e Benefici. Solo alcuni dei primi benefici derivanti dalla policy integrata natura-based sopra sintetizzata.

(a) La CO₂ non solo si sequestra e si elimina dall'atmosfera ma addirittura viene utilizzata dalle sughere per crescere e per produrre il sughero; (b) Si rendono disponibili nuovi quantitativi di sughero grezzo, come materia prima versatile; (b) Utilizzando i lavorati per la passivazione dei Bio Edifici Verdi, non solo si risparmia energia, ma anche si abbattano le conseguenti emissioni di CO₂.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR193



Building Efficiency Adopting Ecological Materials and Bio Architecture Techniques

Mariangela Musolino, Alessandro Malerba, Pierfrancesco De Paola, Carmelo Maria Musarella

Planet and mankind are facing the extreme risk of ecological crisis caused by Global Warming, a consequence of severe Climate Change on the Earth, originated by pollution and fossil energy over burning.

Hundreds of scientists have been working hard setting up systematic knowledge and incontestable proofs concerning the extreme risk of the present negative ecological trends, collected in several Reports¹ of the IPCC, Inter - governmental Panel for Climate Change.

Following directions of IPPC, hundreds of country governments try to tackle pending environmental disaster, pledging to lower down planet global warming by emission mitigation during the decades following. Consequently, governments signed Kyoto Protocol (1997: 144 countries over 192) and Paris Agreement (2016; signatories: 195).

Additionally, to tackle, mitigate and solve climate change tragedy and prevent potential Planet destruction, world leaders adopted (2015) the “United Nations 2030 Agenda for Sustainable

The authors contributed equally to the article. The introductory paragraph; *Research Problem*; *Research Methodology* are to be attributed to Mariangela Musolino. The paragraphs *Aim of Research...*; *Compare Building Energy...*; *Estimate of Energy Consumption...* are to be attributed to Alessandro Malerba. The paragraphs *Cost of Cork...*; *Results* are to be attributed to Pierfrancesco De Paola. The paragraph *Conclusions* is to be attributed to Carmelo Maria Musarella.

1. IPCC 1990; IPCC 1995; IPCC 2001; IPCC 2007; IPCC 2014; IPCC 2018.

Development”, encompassing “17 Sustainable Development Goals” or “17 SDGs”. The Goal 13 is devoted to: *Take urgent action to combat climate change and its impacts*.

Specific sub Goal 13.01. is devoted to: *Strengthen resilience and adaptive capacity to climate-related hazards and natural disasters in all countries*.

Specific sub Goal 13.02. is devoted to: *Integrate climate change measures into national policies, strategies and planning*.

The present paper would be a research, a valuation experimentation and a design simulation devoted to fully implement “United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development” under the Goal 13 *Take urgent action to combat climate change and its impacts*, the sub Goal 13.01. *Strengthen resilience and adaptive capacity to climate-related hazards and natural disasters in all countries* and the sub Goal 13.02. *Integrate climate change measures into national policies, strategies and planning*.

Today fossil energy consumption has increased dramatically, especially in urban areas. Buildings are among the largest consumers of energy. Recent research has shown how energy consumption in the world has increased also because air conditioning in urban buildings has increased significantly in order to reach comfortable living temperature.

Energy policies must be based on the more efficient use of energy, especially in construction, planning to regenerate existing settlements.

Consequently, common goals of individuals, people, society, economy, Institutions must be, first, the physical rehabilitation of the buildings through restoration interventions, instead of new development and novel constructions, and, second, the implementation of an ecological process of building energy structural permanent saving through bio ecological retrofitting.

Research Problem

The Planet’s environmental crisis is caused, among others, by fossil energy over consumption after people metropolitan concentration: more than 50% of the population live in urbanized areas and this will rise to 66% in 2050. Consequence of over fossil energy consumption is unequivocal Climate Change in direction of Global Warming and its negative spillovers: increasing of global air and ocean temperatures; rising of global average sea level; reductions of glacier, ice and snow surfaces. The forecast for the end of the century is: temperature increases of 3 to 6 °C, extreme weather phenomena intensification, reduced levels of regular rain in various areas. The sectors that consumes this 40% of total yearly used energy are the civilian and the building industry. Contemporary

Prototype	l (m)	w (m)	h (m)	S (m ²)	V (m ³)
01.SuberType BAS	5,05	5,05	3,19	25,50	81,35
02.Subertype BAS + Cork	5,12	5,12	3,19	26,21	83,62

Table 1. Comparison between the BAS prototype and BAS + Cork prototype dimensions (Author's own compilation).

buildings (80% of the existing total) are mostly to blame because they have an excessive consume of energy. They consume (per unit) much more energy than historical buildings with thick walls. The metabolism of modern building is different that of historical building, which used larger thicker walls and natural materials. Consequently, it is important to decrease energy consumption specially in modern buildings.

*Aim of Research: Prototypes of Alternative Scenarios*²

This research aims to verify, in advance, the possible positive impact of insulation using cork panels in terms of energy efficiency in common buildings and to estimate both initial investment costs, and the permanent saving in energy management. The scope of this research is focused on integrated ecological - energy - economic valuation of buildings. The research includes the innovative comparative test of a shelter built in two different modes of construction (usual=common *versus* sustainable=ecological) and the research consider two virtual different buildings. In fact, testing will not be carried out on a single case study, but on two virtual prototypes buildings which are equal in size but alternative in the materials used and then in the respective thermal behaviors. The virtual two “alternative” prototypes used are very small (Table 1), simply built units where the building energy performances can be easily checked. These are the minimum units of meters (5x5x4) that can be valued for multiple residential, tertiary and productive uses including agricultural, zoo-technical and forestry. The prototypes are simplified architectures with extreme characteristics, like single-storey cubes. The use of bio cork panels is in the underlying conditions of certain energy assessment instruments (BEPSP). Use of bio cork shall constitute a general advantage for: society, economy, ecology, energy balance, all actors of the process. These prototypes, previously designed, are described below (fig. 1).

2. CRAWLEY *ET ALII* 2001; YILMAZ 2007; CRAWLEY *ET ALII* 2008; STOAKES 2009; RALLAPALLI 2010; SOUSA 2012.

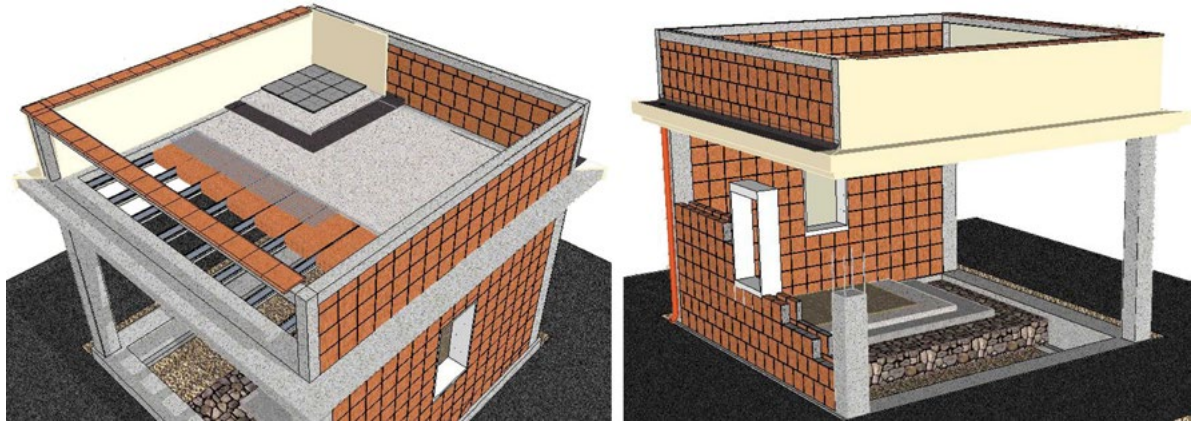


Figure 1. Prototype Building. “Common” (Business As Usual = BAS) scenario (Author’s own compilation).

First Scenario. “Common” (Business as Usual = BAS)

The “Business As Usual, BAS” building units have been constructed adopting the commonly–used procedures and the materials of southern Italy. It consists of a common punctiform structure in reinforced concrete (base beam, pillars, flat roof slab) and the usual buffering in common bricks (flanked, not confined, non-cooperative).

Commonly – used (external - internal) plasters is in cement-based mortar, or in industrial hydrated lime plus cement – based mortar.

This plaster is made up of three or four layers (bridge of adhesion; plaster = rustic; civil = shaving = finish; eventual putty or smooth finishing with American metallic spatula) plus the generally synthetic color.

Second Scenario. Sustainable “BAS + Cork”

It is the same of BAS without plaster, unless a flat surface for panels around 1 cm. There is therefore an addition of cork panel components with a thickness of 6 cm (6+1 plaster = 7cm), both horizontal (above the floor or attic, under crawl space) than vertical (external walls) either: or during the new construction or as an ecological retrofitting of the same BAS unit.

Research Methodology

The research activity carried out is structured in four main steps shown below.

- The design of the two different architectures or mode of construction (buildings; units; details) in order to simulate: adoption of the components in cork; against their failure to adopt.

- The creation of a first module containing all the information machining necessary for construction, including a relative micro-economic Analyses of the Elementary Factors (EFA) such as manpower, materials, machineries.

- The market price repertoires of these factors employed.

- The estimating the total monetary costs of the resources needed for the initial investment, for the realization of two alternative buildings.

The research involves the set up of the databases which will allow the researchers to forecast:

- the different thermal behaviors of materials used in the buildings to be compared;

- the ecological footprint in terms of emissions of the different alternative prototypes.

In order to obtain scientific quantitative results this information was translated into purely monetary and financial terms of induced impacts (or not) of taking into consideration the adoption and implementation of cork panels for passivation *id est* thermal insulation and moisture condensation regulation.

There are several aspects to the impacts that the use of cork can make, the most important and the most immediate of which are physical and financial:

- the increased energy efficiency, i.e. lower energy consumption, expressed in kWh per m², and then perpetually smaller energy bill

- the consequent increased health and sustainability of the everyday life into ecological shelter, and the more effective climatic management of buildings.

Compare Building Energy Performance Simulation Programs, BEPSP

Research performs the valuation of energy consumption in kWh and CO₂ emission in kilos, per m², per year in two different scenarios: Sustainable *versus* Common. This will be performed by means of three very different Building Energy Performance Simulation Programs, below described.

Energy Plus. (Version 8.3.0) Together with Design Builder (Version 4.5.0.178) it is one of the best known energy simulation software tool. It is a software for thermal simulation and energy diagnosis in

Scenarios	Energy Plus		Termus		Blumatica energy	
	EPgl kWh/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y	EPgl kWh/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y	EPgl kWh/m ² y	CO ₂ Kg/m ² y
01.BAS	129	15	114	24	116	11
02.BAS + cork	73	9	69	15	71	8
Δ	-56		-45		-45	

Table 2. Comparison of output from three various simulation software tools (Author's own compilation).

	Energy Plus D	Termus Δ	Blumatica Energy Δ
EPgl	0,44 %	-40%	-39%
CO ₂	0,43 %	-36%	-26%

Table 3. Differential (kWh/m²/year consumption, Kg/m²/year emissions) between BAS and Bio Eco Scenarios (Author's own compilation).

dynamic building arrangements. There are external graphical interfaces, like Design Builder and others, that facilitate the creation of the thermal model of the building and the inclusion of its characteristics.

TerMus. (Version 30.001) Is an Italian software used for the thermal engineering and energy performance of buildings. Energy certification (APE-AQE), calculation of transmittance and drafting Protocol Itaca are some of the outputs of this software. It is regarded as standard (and popular) software in Italy.

Blumatica Energy. (Version 6.1) It is an accessible software that allows the planner to design the thermal insulation of buildings and the management of their energy certification.

Estimate of Energy Consumption and CO₂ Emissions of Prototypes

Estimate of energy consume kWh/m²/year were carried out on two prototypes (BAS and BAS + Cork), using the three BEPSP above cited, each having its own characteristics (Table 2).

Valuation compares energy consumption (kWh) and CO₂ emissions (Kg) assesses (Tables 3-4) and compare them with the monetary costs of construction and insulating materials (Table 5). The software provided the following output regarding:– Global Primary Energy (EPgl) which demonstrates the efficiency of the building and the system used for the heating and hot water; – CO₂ that the building and the systems release in the environment (Table 3).

Yearly difference in consumption is in Kwh: 3.289-1.913=1.400.

Given a 0,40 €\kWh final cost, year saving or year monetary difference is: € 560.

Scenarios	A	EPgl	EPgl	CO ₂	CO ₂
	m ²	kWh/m ² y	kWh	Kg/m ² y	Kg
01.BAS	25.50	129	3,289	15	382
02.BAS + cork	26.21	73	1,913	9	235

Table 4. Total energy consumption (kWh) and CO₂ emissions (Kg) in Scenario 01 and Scenario 02 in the year (Energy Plus tool) (Author's own compilation).

Prototype	01.BAS	02.BAS + cork	Δ	%
Tot €	37,156	40,378	+3,221	08,66
Tot €/m ²	1,456	1,540	+83	
Tot €/m ³	364	385	+20	

Table 5. Comparison of the building costs of the 2 prototypes. Light Δ cost of sustainability (Author's own compilation).

Cost of Cork in the Construction and Pay Back Time

Based on analytical and detailed estimate, this research has forecasted the financial costs involved in the construction of the two alternative scenarios (Table 5).

€ 3.221 is the difference to be paid back by saving. Following financial estimate define the pay back period.

Given different interest rate of from 4% to 2% to 0%, the light extracost for bio eco passivation of building in second scenario will be paid back in few years (Table 6).

Results

Passivation using bio cork paneling have multiple impact.

The research carried out here shows in quantitative terms that the adoption of cork panels creates saving and a measurable positive difference in the energy and ecological management of building, even in though there is an initial higher technical cost in construction. In this way the planner can succeed in achieving multiple perpetual benefits, regarding energy saving and consequent CO₂ emission reduction that can be quantified: in Case Study energy consumption, [kWh\m²\Year], in theory can be reduced from 129 to 73, the difference in saving being -44%, with conventional class improvement from F to C; CO₂ emissions can be reduced from 15 to 9 kg\m²\Year, i.e. -6 minus which is - 43% (Table 4, fig. 2).

extra cost 3.221		i=4%		i=2%		i=0%	
year	saving	saving npx i=4%		saving npx i=2%		saving npx i=0%	
1	590	0,9615	567,285	567,29	0,9804	578,436	578,44
2	590	0,9246	545,514	1.112,80	0,9612	567,108	1.145,54
3	590	0,8890	524,510	1.637,31	0,9423	555,957	1.701,50
4	590	0,8548	504,332	2.141,64	0,9238	545,042	2.246,54
5	590	0,8219	484,921	2.626,56	0,9057	534,363	2.780,91
6	590	0,7903	466,277	3.092,84	0,8880	523,920	3.304,83
7	590	0,7599	448,341	3.541,18	0,8706	513,654	3.818,48
8	590	0,7300	430,700	3.971,88	0,8535	503,565	4.322,05
9	590	0,7000	413,000	4.384,88	0,8368	493,712	4.815,76
10	590	0,6800	401,200	4.786,08	0,8203	483,977	5.299,73
11	590	0,6500	383,500	5.169,58	0,8043	474,537	5.774,27
12	590	0,6200	365,800	5.535,38	0,7885	465,215	6.239,49
13	590	0,6000	354,000	5.889,38	0,7730	456,070	6.695,56
14	590	0,5800	342,200	6.231,58	0,7579	447,161	7.142,72
15	590	0,5600	330,400	6.561,98	0,7430	438,370	7.581,09
16	590	0,5300	312,700	6.874,68	0,7284	429,756	8.010,84
17	590	0,5100	300,900	7.175,58	0,7142	421,378	8.432,22
18	590	0,4900	289,100	7.464,68	0,7042	415,478	8.847,70
19	590	0,4700	277,300	7.741,98	0,6864	404,976	9.252,68
20	590	0,4600	271,400	8.013,38	0,6730	397,070	9.649,75
							11.800,00

Table 6. Payback of differential initial cost € 3.221 . Energy saving Net Present Value at 4%, 2%, 0% interests (Author's own compilation).

Researches detected that bio eco green buildings have selling price higher (if compared to common building, no green) in the real estate market³.

Green building strategy extended at urban level allows to start the Post Carbon Historic Centers, University and City built up.

Using Cork enlarge area devoted to Cork Oak forest and enhances landscape.

In conclusion, research shows that just the only one improvement of the cork panels adoption has several significant positive impacts even in landscape shaping⁴.

Conclusions

The comparison of the two prototypes buildings allows for a quantitative valuation of their different energy consumption, in terms of kWh, and CO₂ emissions. At the same time it provides proof of the effectiveness of Cork in its application in construction as a thermo-insulating and phase retardant material. Healthiness and energy efficiency are the final goals of the Strategy. From the

3. MUSOLINO, MASSIMO 2013; MASSIMO 2015; MASSIMO, CEFALÀ 2016; MASSIMO ET ALII 2016; MALERBA, MASSIMO, MUSOLINO 2018; DEL GIUDICE ET ALII 2019; DE PAOLA ET ALII 2019; MALERBA ET ALII 2019; MASSIMO ET ALII 2019; MUSOLINO, MASSIMO 2019; SPAMPINATO ET ALII 2019.

4. MASSIMO ET ALII 2019.

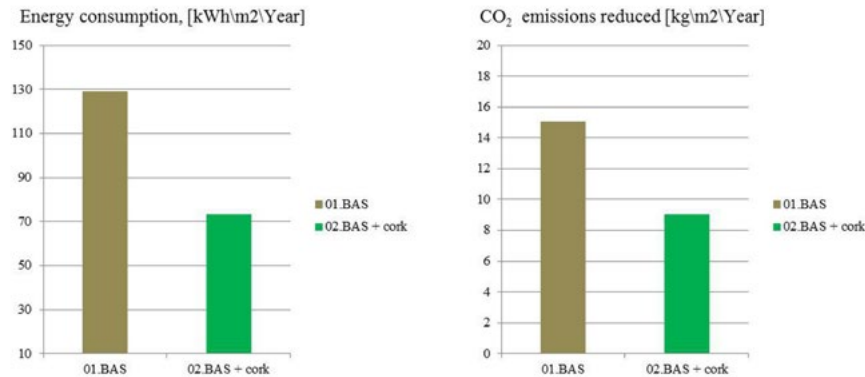


Figure 2. Differentials (Δ) annual Energy consumption (- 44%) and CO₂ emissions (- 43%) in the two scenarios (Author's own compilation).

energy and economic valuation the high positive impact of the use of cork panelling (or granulated in mortar) in buildings is evident when compared to its non-adoption. The two most visible results are the consequent: lower energy consumption; lower ecological emissions. Future developments in research will valuate in multi-dimensional terms healthier indoor and outdoor environment due to mitigated pollution and geo strategic independence from the cycle of oil due to radical saving above demonstrated (it is the import substitution). All the above possess a relevant economic and ecological value. This research ascertained the very important coherence, convergence and similar outcomes of three very different "Building Energy Performance Software Program", or BEPSP, namely EnergyPlus, Termus, Blumatica.

Bibliography

CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a - F. CALABRÒ, L. DELLA SPINA, C. BEVILACQUA (eds.), *New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*, Springer, Cham 2019, 1. (Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019, 100).

CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b - F. CALABRÒ, L. DELLA SPINA, C. BEVILACQUA (eds.), *New Metropolitan Perspectives. Local Knowledge and Innovation Dynamics Towards Territory Attractiveness Through the Implementation of Horizon/E2020/Agenda2030*, Springer, Cham 2019, 2. (Smart Innovation, Systems and Technologies, 2019, 101).

CRAWLEY ET ALII 2001 - D.B. CRAWLEY ET ALII, *Energy Plus: new capabilities in a whole-building energy simulation program*, in *Seventh International IBPSA Conference*, (Rio de Janeiro, August 13-15, 2001), pp. 51-58.

CRAWLEY ET ALII 2008 - D.B. CRAWLEY ET ALII, *Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs*, in «Building and Environment», 2008, 43, pp. 661-673.

DEL GIUDICE ET ALII 2019 - V. DEL GIUDICE ET ALII, *Post carbon city and real estate market: testing the dataset of Reggio Calabria market using Spline Smoothing Semiparametric Method*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a, pp. 206-214.

DE PAOLA ET ALII 2019 - P. DE PAOLA ET ALII, *Isovalore maps for the spatial analysis of real estate market: a case study for a central urban area of Reggio Calabria, Italy*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a, pp. 402-410.

IPCC 1990 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *First Assessment Report (FAR)*, United Nations, New York 1990.

IPCC 1995 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Second Assessment Report (SAR)*, United Nations, New York 1995.

IPCC 2001 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Third Assessment Report (TAR)*, United Nations, New York 2001.

IPCC 2007 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Fourth Assessment Report (AR4)*, United Nations, New York 2007.

IPCC 2014 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Fifth Assessment Report (AR5)*, United Nations, New York 2014.

IPCC 2018 - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), *Special Report on Global Warming of 1.5 C (SR15)*, United Nations, New York 2018.

MALERBA, MASSIMO, MUSOLINO 2018 - A. MALERBA, D.E. MASSIMO, M. MUSOLINO, *Valuating historic centers to save Planet soil*, in G. MONDINI ET ALII (eds.), *Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities: Results of Siev 2016*, Springer, Berlin 2018, pp. 297-311.

MALERBA ET ALII 2019 - A. MALERBA ET ALII, *Post Carbon City: building valuation and energy performance simulation programs*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b, pp. 520-531.

MASSIMO 2015 - D.E. MASSIMO, *Green Building: Characteristics, Energy Implications and Environmental impacts. Case study in Reggio Calabria, Italy*, in M. COLEMAN-SANDERS (ed.), *Green Building and Phase Change Materials: Characteristics, Energy Implications and Environmental Impacts*, Nova Science Publishers, New York 2015, pp. 71-101.

- MASSIMO ET ALII 2016 - D.E. MASSIMO ET ALII, *Valuation supports green university: case action at Mediterranea campus in Reggio Calabria*, in «Procedia – Social and Behavioral Sciences», 2016, 223, pp. 17-24.
- MASSIMO, CEFALÀ 2016 - D.E. MASSIMO, R.M. CEFALÀ, *New McaGis*, GeVaUL (Geomatic Valuation University Laboratory), Mediterranea University, Reggio Calabria 2016.
- MASSIMO, MUSOLINO, MALERBA 2018 - D.E. MASSIMO, M. MUSOLINO, A. MALERBA, *Green District to save the Planet*, in G. MONDINI ET ALII (eds.), *Integrated Evaluation for the Management of Contemporary Cities: Results of Siev 2016*, Springer, Berlin 2018, pp. 255-269.
- MASSIMO ET ALII 2019 - D.E. MASSIMO ET ALII, *Geographically Weighted Regression for the post carbon city and real estate market analysis: a case study*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019a, pp. 142-149.
- MASSIMO ET ALII 2019 - D.E. MASSIMO ET ALII, *Valuation to foster-up landscape preservation. treasuring new elements through landscape planning*, in M. MISTRETTA, A. SANTINI, B. MUSSARI (eds.), *La Mediterranea verso il 2030. Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici tra conservazione e rigenerazione*, «ArcHistoR Extra», 6, supplemento di «ArcHistoR», VI (2019), 12, pp. 674-687.
- MUSOLINO, MASSIMO 2013 - M. MUSOLINO, D.E. MASSIMO, *Mediterranean urban landscape. Integrated strategies for sustainable retrofitting of consolidated city*, in *Sabiedriba, Integracija, Izglitiba*, in *Utopie e distopie nel mosaico paesistico-culturale. Visioni Valori Vulnerabilità*, Atti della Conferenza Scientifica Internazionale IPSAPA (Udine 27-28 Giugno 2013), vol. III, Università di Udine, Udine 2013, pp. 49-60.
- MUSOLINO, MASSIMO 2019 - M. MUSOLINO, D.E. MASSIMO, *Evaluation Models to Aid Choice of Investments Regarding Building Stocks in Mediterranean Urban Landscape*, in «Agribusines, Paesaggio & Ambiente», 2019, 22/1, pp.74-80.
- RALLAPALLI 2010 - H.S. RALLAPALLI, *A comparison of EnergyPlus and eQuest whole building energy simulation results for a medium sized office building*, Technical report, Arizona State University 2010.
- SPAMPINATO ET ALII 2019 - G. SPAMPINATO ET ALII, *Carbon Sequestration by Cork Oak Forests and Raw Material to Built up Post Carbon City*, in CALABRÒ, DELLA SPINA, BEVILACQUA 2019b, pp. 663-671.
- SOSA 2012 - J. SOSA, *Energy simulation software for buildings: review and comparison*, in Proceedings of the international workshop on information technology for energy applications (IT4ENERGY 2012), (Lisbon 6-7 September 2012).
- STOAKES 2009 - P.J. STOAKES, *Simulation of airflow and heat transfer in buildings*, M.Sc. thesis, Polytechnic Institute and State University, Virginia 2009.
- YILMAZ 2007 - Z. M YILMAZ, *Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones*, in «Energy Building», 2007, 39, pp. 306-316.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Environmental Quality as a Value for the Landscape and Resilience for Communities. Environmental Monitoring Activities with the Rural Making Lab in Galliciano (SRAI and SRSvS Calabria- ITI Grecanica)

Consuelo Nava, Giuseppe Mangano
consuelo.nava@unirc.it, giuseppemangano@gmail.com

The territory that gives priority to creating environmental quality before even considering the landscape seeks development models capable of raising the levels of resilience and re-establishing settlement systems that avoid depopulation be it of a permanent or temporary nature. Both places and their communities are required to be different and more consciously "hospitable", holding up the landscape as an icon of identity and the custodian of a different "productivity" of the territory. Referring to the Regional Strategy on Inner Areas of Calabria, the experiment carried out with the Rural Making laboratories tries to pursue this new ambition for the territory, reviewing the very concept of identity. The edition held in Galliciano, which worked on the themes of advanced manufacturing processes and open-source technological innovation with the EcoDesign and Enabling Technologies Labs, triggered regenerative measures based on predictable repopulation and enhancement scenarios by reading the environmental and physical data that recognize the territorial qualities of the Grecanic Area. The laboratory designed and built two stations to monitor the quality of the air. They consisted of sensors connected to Arduino boards and a 3D printing design and provided technological support for the construction of integrated information maps. The monitoring stations were located in the main square of the village (in the inner area) and on the SS 106 in Condofuri Marina (in the urban area). The locations chosen were to demonstrate how conditions in the inner areas are more favourable than in urbanized coastal centers. This also showed how events of a particular impact can undermine the quality of the architectural and environmental heritage of the small town.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR194



Qualità dell'ambiente come valore per il paesaggio e resilienza per le comunità. Le tecnologie di monitoraggio ambientale con il *Rural Making Lab* a Galliciano (SRAI e SRSvS Calabria- ITI Grecanica)

Consuelo Nava, Giuseppe Mangano

Una nuova geografia resiliente per i territori interni nelle tre dimensioni della sostenibilità

Declinare “la qualità dell'ambiente come valore per il paesaggio e resilienza per le comunità” dei territori interni, significa ambire ad una “nuova geografia resiliente”, capace di rintracciarsi nelle qualità e competitività dei territori, al fine di costruire un loro futuro produttivo e stabile dal punto di vista tanto della sicurezza fisica e ambientale quanto di quella sociale.

Il rapporto tra globale e locale, quale dimensione materiale e immateriale utile a misurare l'efficacia e l'impatto degli interventi di trasformazione dell'ambiente “abitato” e “trasformato”, legge i fenomeni ambientali e sociali più emergenti con riferimento a territori urbani, extraurbani, periferici, rurali. L'approccio alla sostenibilità ha significato promuovere, dal punto di vista ambientale e ecologico, “modelli di sviluppo attivo”¹, coinvolgendo tutte le scale del territorio e tutte le organizzazioni e le politiche utile a governarne con innovazione i processi, i programmi i progetti di salvaguardia, conservazione e produzione, con la partecipazione delle comunità “in transizione”².

Nell'ambito di una comune redazione del saggio, i paragrafi *Una nuova geografia resiliente...*; *Un contributo alla Strategia Nazionale...*; *Ambiente e paesaggio...* sono da attribuire a Consuelo Nava. I paragrafi *L'ITI Area Grecanica...*; *Rural Making Lab a Galliciano...* sono da attribuire a Giuseppe Mangano. Il paragrafo *Conclusioni* è da attribuire ad entrambi gli autori.

1. RONSISVALLE 2015.
2. NAVA 2019.

Gli Stati Uniti di Europa a cui ambiamo, lavorano attraverso i programmi, i trattati, le sfide messe in campo sui temi della sostenibilità nelle sue tre dimensioni alla macro e micro scala. La sostenibilità ambientale, attraverso l'art.3 e l'art.10 della Direttiva Habitat- Rete Natura 2000, propone un rapporto circolare tra sistema antropico e sistema naturale, punta ai targets di protezione e conservazione ambientale attraverso strumenti che agiscono sui sistemi del clima, della tutela, della biodiversità al fine di aumentare la consapevolezza, l'interazione e il benessere tra le comunità. La sostenibilità sociale, attraverso i temi della sussidiarietà circolare (art.118), il welfare state, il welfare plurale e civile, propone il concetto di "responsabilità sociale di gruppo", traendo nei principi dell'etica, dell'equilibrio, della partecipazione, dell'inclusione e della sicurezza, una politica di sviluppo dell'integrazione, della pro-attività, del benessere e dell'armonia. La sostenibilità economica, attraverso alcuni programmi e esperienze nel campo dell'economia circolare, del welfare aziendale, delle nuove frontiere dell'agenda digitale e dell'Europa 2020, punta alla "crescita" attraverso una generazione di risultati di business sostenibili, utilizzando tutte le pratiche ed i modelli riferibili a priorità, gestione e coesione al fine di fondare e controllare i processi di produzione connessi all'integrazione, alla semplificazione, accessibilità e trasparenze nelle pratiche pubbliche e in quelle private.

Un contributo alla Strategia Nazionale dello Sviluppo Sostenibile e all'Agenda SRSvS della Regione Calabria, attraverso la SRAI dei territori calabresi

L'Accordo di Parigi 2015 e L'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile 2030 delle Nazioni Unite (SDGs), eventi mondiali e internazionali nel contesto delle politiche per i cambiamenti climatici e lo sviluppo Sostenibile, cambiano di fatto i paradigmi della transizione verso scenari economici e sociali, oltre che ambientali della IV rivoluzione industriale, intendendo come il progresso non possa essere più sconnesso da obiettivi di salvaguardia degli ecosistemi naturali e della domanda di prosperità come lotta alle povertà, agli sprechi e al consumo delle risorse. Il valore della sicurezza fisica e ambientale si coniuga a quella sociale e i sistemi ambientali nella loro stabilità, fondano nuove qualità per le unità di paesaggio che producono. È così che il tema della mitigazione delle fragilità nelle aree interne e montane (di interesse per la sessione a cui si contribuisce con il presente testo), può trovare risposta nei *Targets* SDGs, operativi anche a carattere regionale, con riferimento ai *Goals*: n.11. *Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili - Target 11.4. Rafforzare gli impegni per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo*; n.13. *Adottare misure*

urgenti per combattere il cambiamento climatico e le sue conseguenze - Target 13.1. Rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali in tutti i paesi.

Quindi appare evidente come questa triplice dimensione della sostenibilità, declinata sui programmi europei e sugli impegni dell'ONU possa attraversare le politiche territoriali ed urbane e possa riconoscere i temi dell'innovazione sociale e ambientale “nelle città” e “nei territori interni”, affidandoli alla cultura della coesione e della politiche di making con l'apertura di “living labs” capaci di essere il motore e il network di tutte le azioni di cambiamento e di tutti i protagonisti di tali cambiamenti. Tale atmosfera creativa può diventare così un progetto di nuova geografia resiliente (economica, ambientale e sociale), anche nella costruzione dell'Agenda sullo sviluppo sostenibile della Regione Calabria, ma deve raggiungere una massa critica per realizzarsi e realizzarsi affidandosi ad “una comunità di episteme” (guida strategica e creativa) ed “una comunità delle pratiche” (gestione e marketing quotidiani). La presenza delle aree interne della Calabria nel 30% del territorio con 323 comuni, montani, pedemontani e costieri per come classificati della Strategia delle Aree Interne, consente di avere disponibile un campo di sperimentazione su cui applicare scenari innovativi in termini di sostenibilità, biodiversità, trasferimento di nuovi modelli dell'abitare ad alta qualità ambientale e di nuovi possibili strategie per ripopolare o popolare diversamente le comunità più fragili per demografia e fragilità territoriale. Emerge quindi la possibilità di integrare le due strategie a livello regionale, SRAI e SRSvS, per avere un'unica agenda di sviluppo e innovazione per gestire la resilienza dei territori calabresi, soprattutto quelli in via di spopolamento o di particolari fragilità fisiche, economiche e ambientali.

Ambiente e paesaggio: innovazione e identità nell'ospitalità dell'Area Greca calabrese

Il territorio che ambisce ad un'alta qualità ambientale, prima che a una bella vista di paesaggio, cerca modelli di sviluppo capaci di innalzare le capacità della sua resilienza, per rifondare sistemi insediativi che evitano lo spopolamento; lo fa realizzando scenari sostenibili, tra modalità stanziali e modalità temporanee, chiedendo ai luoghi ed alle comunità una differente e più cosciente “ospitalità”. L'ospitalità che è capace di mettere alla prova la stessa resistenza dell'ambiente, offrendo il valore del paesaggio come icona identitaria, deve avere l'ambizione di mostrarsi in maniera più spinta come “rivelatrice e controllore della qualità dei siti”, affinché le stesse comunità (stanziali o temporanee) possano divenire i custodi di tale differente “produttività” del territorio. Se vogliamo produrre azioni innovative per i comuni delle aree interne nel territorio greco, dobbiamo uscire

dall'idea tutta scomposta e anche insufficiente, quanto nostalgica e isolata, (come è evidente da ciò che si ripropone da anni senza troppi successi), che l'identità culturale di una minoranza linguistica con la storia del suo territorio (capitale umano) e la capacità stessa di questo territorio di produrre per quanto riesce a dare la sua terra (capitale produttivo), così come la connotazione dell'ambiente naturale e il grande fiume, siano condizioni sufficienti per offrire un modello di sviluppo utile a riconoscere le comunità (quelle perse e quelle insediabili) tanto quanto i suoi paesaggi. Una nuova identità dell'area grecanica occorrerebbe trovarla proprio nella diversità tra comuni costieri, comuni di fondovalle (ingresso dei comuni interni) e aree interne, che in maniera differente "si chiamano" – Bova, San Lorenzo, Condofuri, Melito, Roghudi, Ferruzzano, ecc. – per quanto anche nel rapporto con la loro orografia e il rapporto con le infrastrutture sono del tutto differenti. Le prime strutture insediative – di costa e di fondovalle – sono quelle che resistono, rispetto alle aree dei comuni interni in via di spopolamento (come Galliciano), al di là delle vicende naturali (sarebbe meglio chiamarle civili), e comunque tutti nei differenti comuni per differenti condizioni. Occorrerebbe quindi rinunciare (in tutti i sensi) a credere che l'area grecanica dovrebbe ritrovare "un'unica identità nella condivisione di un percorso unico di sviluppo" e anzi fare delle differenze (proprio come generate dai differenti paesaggi) la visione futura per i suoi territori. Contemporaneamente abdicare all'idea che l'identità del territorio venga fuori solo dalla sua capacità di trattenere comunità insediate stanzialmente e per esempio non temporanee, oppure sia producibile, da quanto si può contare sulla resistenza di certi valori culturali e non piuttosto sulla loro capacità di produrne altri, per esempio. Ma un valore che certamente non può invece mutare e deve trattenere la temporaneità di altri è "il capitale naturale", quale capacità di questo territorio di produrre "valore del paesaggio" e "qualità ambientale" per le comunità che lo possono abitare.

Uscire dall'innamoramento della vista verso mare e valle, dai monti, così come dell'attraversamento di sentieri e grande fiumara è uno strappo necessario a chi ne vuole conservare la qualità di ogni ambiente e necessita di nuove innovazioni/sperimentazioni. Con riferimento alla SRAI (Strategia Regionale sulle Aree Interne della Calabria), l'esperienza condotta con i laboratori del Rural Making Lab, di seguito descritta, tenta di perseguire questa nuova ambizione del territorio, rivedendone il concetto stesso di identità e misurazione/monitoraggio dei valori ambientali e sociali.

L'ITI Area Grecanica nella Strategia Nazionale e Regionale per le Aree Interne

L'Area Grecanica è la seconda area pilota per l'attuazione della Strategia Nazionale delle Aree Interne in Calabria (dopo quella del Reventino-Savuto) e comprende ben undici comuni nell'Area Progetto (Bagaladi,

Bova, Bruzzano Zeffirio, Cardeto, Ferruzzano, Montebello Ionico, Palizzi, Roccaforte del Greco, Roghudi, San Lorenzo e Staiti) a cui si aggiungono quattro comuni ricompresi nell'Area Strategia, ovvero Melito Porto Salvo, Condofuri, Bova Marina e Brancaleone. L'attuazione della SNAI in Area Grecanica³ è attualmente nella fase di Preliminare di Strategia, presentato e approvato il 30 ottobre 2017 dal Comitato Tecnico Aree Interne a Bova.

A questa fase, come previsto dall'iter di attuazione della Strategia Nazionale delle Aree Interne, seguirà la stipula di un Accordo di Programma Quadro (APQ) per la realizzazione degli interventi. Negli ultimi quattro decenni questo territorio ha sofferto fenomeni di spopolamento e marginalizzazione che in alcuni casi hanno causato il quasi totale abbandono di interi centri interni, interessati sia da eventi di dissesto idrogeologico che hanno portato all'edificazione di un nuovo abitato lontano dai luoghi di storica fondazione (vedi il caso di Roghudi), sia dalla carenza di adeguati collegamenti con l'area metropolitana di Reggio Calabria e con i centri costieri, dove vengono erogati i servizi essenziali di sanità e istruzione. Nell'area grecanica tuttavia sussistono migliori condizioni per l'inserimento lavorativo dei giovani, alla ricerca di nuovi modelli di sviluppo a fronte dell'impoverimento dei modelli produttivi tradizionali avvenuto negli ultimi anni nonostante le politiche pubbliche di sostegno. Sebbene presenti forti criticità, l'Area Grecanica conserva inoltre un patrimonio ambientale, paesaggistico e architettonico di straordinaria qualità, ma anche una forte identità culturale che deriva dal parlato della lingua "grecanica" che ha permesso al territorio di essere riconosciuto sede di "Minoranza Storico-Linguistica dei Greci di Calabria" (Legge n.482/1999).

Rural Making Lab a Gallicianò: i laboratori di Ecodesign e Tecnologie abilitanti per attività di monitoraggio ambientale

Gallicianò, l'unico borgo interno interamente ellenofono del Comune di Condofuri con circa trenta abitanti oggi residenti, è stato il luogo di sperimentazione dell'ultimo *Rural Making Lab* dell'Associazione Pensando Meridiano⁴ nel giugno 2018. L'ambizione del laboratorio è stata quella di offrire un modello di

3. Si vedano i documenti SNAI Grecanica www.snaigrecanica.it/ (ultimo accesso 27 ottobre 2019).

4. Il *Rural Making Lab* è una tattica progettuale e operativa dell'associazione Pensando Meridiano per progetti di innovazione sociale, culturale, produttiva ed ambientale per le aree interne della Calabria, selezionate come luoghi della sperimentazione di Laboratori Territoriali con l'obiettivo di innescare processi di inclusione e coesione per comunità emergenti. Il *Rural Making Lab* ha rappresentato anche la fase sperimentale della tesi di dottorato di G. MANGANO, *Aree Interne. Processi Innovativi per le comunità emergenti. Strategie e Tattiche di Rural Making negli ITI Presila Catanzarese*,



Figura 1. Partecipanti, makers e visitatori all'inaugurazione dei progetti di rigenerazione del *Rural Making Lab* a Galliciano (RC) (foto di G. Arena, 2018).

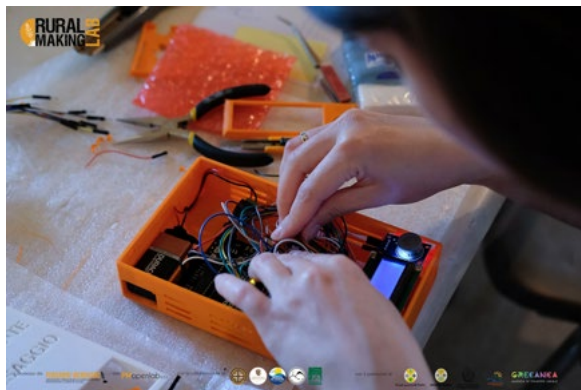
sviluppo “rigenerativo” per il borgo a partire dalla ricerca di una “nuova identità grecanica” fondata sulle diversità tra l’insediamento costiero (Condofuri Marina), le frazioni di fondovalle e l’area più interna risalendo la fiumara dell’Amendolea fino a raggiungere Gallicianò.

Il *Rural Making Lab* a Gallicianò ha visto la partecipazione di oltre 20 *makers* (giovani innovatori e progettisti) di Pensando Meridiano, capofila di una importante rete collaborativa che ha incluso soggetti istituzionali tra cui la Regione Calabria, il Consiglio Regionale della Calabria, la Città Metropolitana di Reggio Calabria, l’Ente Parco Nazionale dell’Aspromonte, il Gruppo di Azione Locale (GAL) dell’Area Grecanica e altre associazioni del territorio e reti già consolidate nelle precedenti edizioni (fig. 1). Sono stati attivati quattro laboratori di innovazione (il Laboratorio Territoriale, il Laboratorio Storytelling, il Laboratorio di Eco-Design e Tecnologie abilitanti, il Laboratorio Progetti Culturali Creativi) con propri tematismi, obiettivi, prodotti e strategie di inclusione riferibili ai drivers di sviluppo locale come riportato nella Strategia Nazionale Aree Interne e nella Strategia dell’Area Grecanica.

In particolare, il Laboratorio di Ecodesign e Tecnologie abilitanti ha operato sui temi dei processi avanzati di *manufacturing* e dell’innovazione tecnologica open-source per innescare azioni rigenerative basate su scenari prevedibili attraverso la lettura dei dati ambientali e fisici che riconoscono le qualità ambientali dell’Area Grecanica e la rigenerazione di spazi e luoghi con tecnologie sostenibili in autocostruzione-*recycle*. Il laboratorio ha progettato e realizzato due stazioni di sensing per il monitoraggio della qualità dell’aria con il rilevamento del monossido di carbonio mediante sensori collegati a schede autoprogrammate Arduino, con involucro stampato in 3D e ha fornito supporto tecnologico per la costruzione di mappature informative integrate aperte (figg. 2-5).

Le stazioni sono state collocate nella piazza principale del borgo (in area interna) e sulla SS 106 a Condofuri Marina (in area urbana), per dimostrare come nei territori interni vi siano condizioni più favorevoli ma anche come eventi fuori scala rispetto al piccolo abitato (ad esempio il motoraduno di sabato 2 giugno che ha portato i valori di CO-monossido di carbonio a oltre 330 ppm) rappresentino un pericolo per la salubrità dell’aria e per il patrimonio architettonico stesso; il laboratorio ha inoltre supportato l’associazione Gallicianò-Centro Studi Grecofono e i giovani del Servizio Civile per la rigenerazione di Piazza Platone, uno spazio residuale di 345 mq oggi bonificato e allestito con arredi con materiali da riciclo (fig. 6).

Il laboratorio ha inoltre prodotto quattro cornici per il progetto Paesaggi condivisi, costruite con scarti di plexiglass e giunti stampati in 3D e realizzato sette targhe di way-finding additive manufacturing adattabili agli spazi (figg. 7-8).



Dall'alto a sinistra, figura 2. Programmazione scheda Arduino e sensori per la stazione di monitoraggio ambientale (foto di A.R. Palermi, 2018); figura 3. Stampante 3D impiegata per il design dell'involucro della stazione di monitoraggio ambientale (foto di G. Mangano, 2018); figura 4. Installazione a piazza Alymos della stazione di monitoraggio ambientale (foto di D. Lucanto, 2018); figura 5. Mappatura informativa integrata (foto di M. Cannizzaro, 2018).

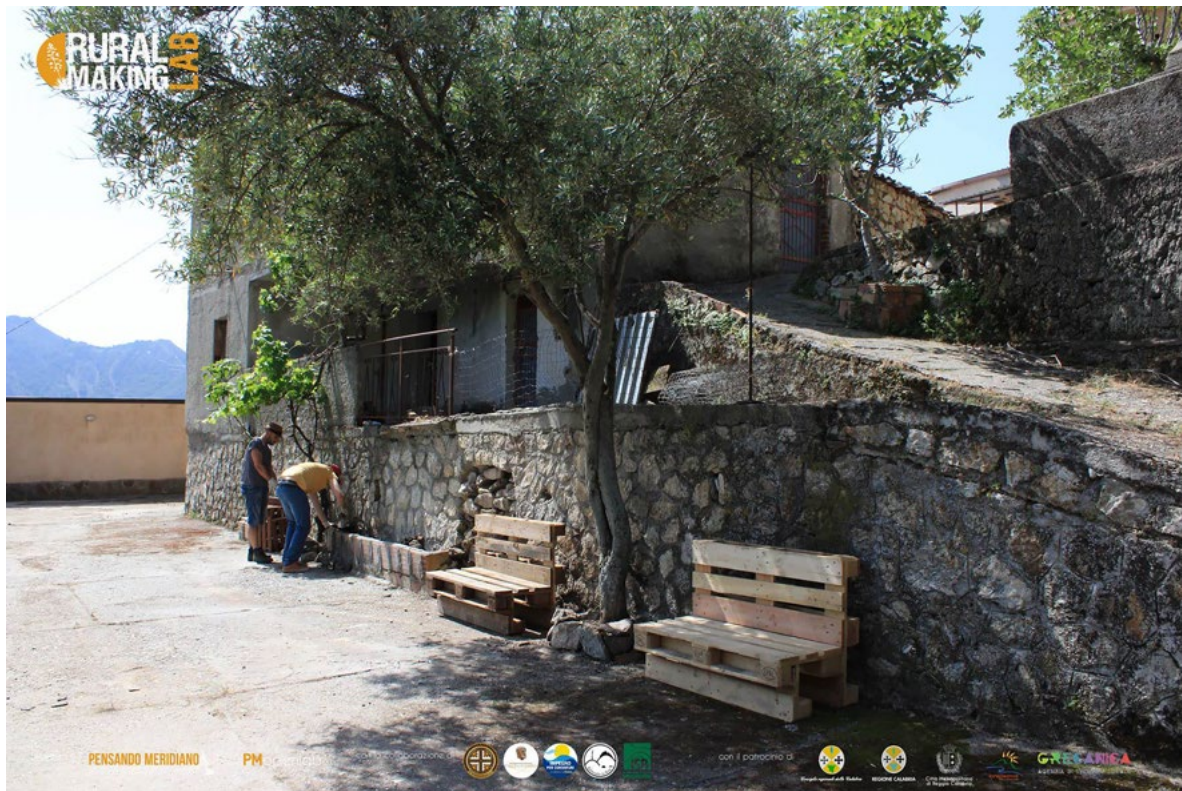


Figura 6. Gallicianò (RC), piazza Platone rigenerata e arredi da riciclo (foto di G. Arena, 2018).



Figura 7. Cornice di paesaggio per il progetto “Paesaggi Condivisi” (foto di M. Cannizzaro, 2018).



Figura 8. Nuovo way-finding integrato per i beni culturali (foto di D. Emo, 2018).

Tali progetti si configurano come dispositivi innovativi per valorizzare i luoghi del borgo a impatto zero, generando al contrario un “effetto moltiplicatore rigenerativo” tra la loro messa in opera e la conoscenza aperta che promuovono, fisica e in rete.

Conclusioni. Tecnologie abilitanti per la produzione di ospitalità

Il sistema di monitoraggio ambientale applicato al caso studio presentato, dimostra come l’adozione di “tecnologie abilitanti” possa produrre sicurezza ambientale e sociale, istruendo la comunità su modelli più sostenibili dell’abitare, attraverso esperienze di conoscenza. Su Gallicianò, il trasferimento dei risultati delle attività di rilievo per misurare la qualità dell’aria è solo uno dei modi con cui, integrando sistemi esperti con strumentazioni innovative con informazioni più accessibili e condivise con la comunità, si possono nutrire percorsi di consapevolezza e progettualità e fornire dati e informazioni utili a livello di monitoraggio e valutazione territoriale per il sistema di indicatori-vettori di sostenibilità (cfr SNSvS). L’attività svolta risponde pure all’emergente domanda di un territorio fragile dal punto di vista demografico e in particolare per Gallicianò, un comune quasi spopolato ma ancora fortemente identitario e ricettivo dal punto di vista culturale e turistico.

Territori fragili e resilienti necessitano di un cambio di paradigma nella loro dimensione fisica e sociale dell’abitare sicuro e fertile.

Occorre fondare scenari capaci di ricostruire ambienti stabili in cui vivere e produrre dipende direttamente dalla possibilità di preservare, conservare e tutelare. Puntare non unicamente al valore della terra, ma curare l’ambizione del territorio di mostrarsi sano e resiliente, al di là delle passeggiate, del trekking, delle visite, degli attraversamenti, delle resistenze di un popolo arroccato e interno quanto le case, di chi magari si è trasferito altrove, anche più giù nel fondovalle o in marina. Il territorio che ambisce ad un’alta qualità ambientale, prima che a una bella vista di paesaggio, cerca modelli di sviluppo capaci di innalzare le capacità della resilienza e rifondare sistemi insediativi che evitano lo spopolamento tra modalità stanziali e modalità temporanee, chiedendo ai luoghi ed alle comunità una differente e più cosciente “ospitalità”. L’ospitalità che è capace di mettere alla prova la stessa resistenza dell’ambiente, offrendo il valore del paesaggio come icona identitaria, ancora in maniera più spinta come “rivelatore e controllore della qualità dei siti”, le comunità divengono i custodi di tale differente “produttività” del territorio.

Bibliografia

CARTA, RONSIVALLE 2015 - M. CARTA, D. RONSIVALLE, *Territori interni. La pianificazione integrata per lo sviluppo circolare: metodologie, approcci, applicazioni per nuovi cicli di vita*, Aracne editore, Roma 2015.

DE ROSSI 2018 - A. DE ROSSI, *Riabitare l'Italia. Le aree interne tra abbandoni e riconquiste*, Donzelli Editore, Roma 2018.

M. MARCHETTI, S. PANUNZI, R. PAZZAGLI 2017 - M. MARCHETTI, S. PANUNZI, R. PAZZAGLI, *Aree Interne. Per una rinascita dei territori rurali e montani*, Rubbettino Editore, Soveria Mannelli 2017.

MANGANO 2018 - G. MANGANO, *Aree Interne. Processi Innovativi per le comunità emergenti. Strategie e Tattiche di Rural Making negli ITI Presila Catanzarese, Reventino-Savuto e Area Grecanica*, tesi di dottorato, SIACE, XXXI Ciclo, DIATIC, UNICAL con Fondazione S. Baffa - A. Lucchetta, tutor prof. G. Giordano, co-tutors proff. F. Rossi, C. Nava, 2018.

MANGANO 2019 - G. MANGANO, *Ipersostenibilità e tecnologie abilitanti nei processi di "commuting" nelle aree interne della Calabria*, in C. NAVA, *Ipersostenibilità e Tecnologie abilitanti. Teoria, metodo, progetto*, Aracne, Roma 2019, pp. 657-680.

MANGANO, NAVA 2017 - G. MANGANO, C. NAVA, *Commuting Design Processes for resilient co-territories of sustainability and innovation in Calabria, South Italy*, in J. SCHRODER ET ALII, *Territories - Rural Urban Strategies*, Jovis, Berlino 2017, pp. 184-191.

NAVA 2016 - C. NAVA, *The Laboratory_city – Sustainable recycle and key enabling technologies*, XXV quaderno collana Recycle Italy, Aracne, Roma 2016.

NAVA 2019 - C. NAVA, *Ipersostenibilità e Tecnologie abilitanti. Teoria, metodo, progetto*, Aracne, Roma 2019.



The Perspectives of Renewable Energy Sources in the Framework of UE Energy Policy

Rosario Francesco Nicoletti
francesco.nicoletti@unirc.it

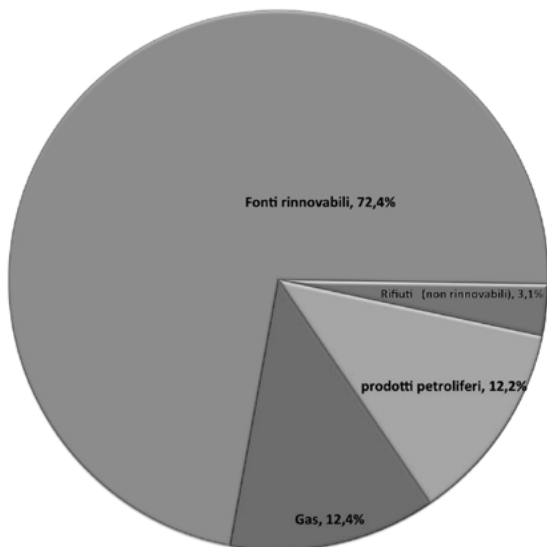
The 2030 Agenda examines the issue of energy efficiency and renewable energy, setting ambitious goals for 2030.

The present Italian law related to renewable energy is based on the European Directive 28/2009, which was recast in the 2001 Directive in December 2018. The new Directive establishes a binding EU target, laying down that 32% of EU energy consumption must be derived from renewable sources by the year 2030.

Considering that the previous target for Italy was 17%, it emerges that the new objectives are particularly ambitious and will require the adoption of new national laws and local measures, aimed at the adoption of an energy policy consistent with the European strategy.

This paper focuses on the issue of the energy efficiency of buildings in the EU and Italy, highlighting the new trends and the relationship with renewable energy sources and self-consumption. The topic is of strategic importance in the context of the choices that will be made in the field of energy policy as over half of the final energy consumption of the EU is to be attributed to the heating and cooling systems of buildings.

Some of the main analyses are here presented and show the historical trends of the EU Directive 28 and 2001, with our sights set on the deadlines of 2020 and 2030. One of the aims of this work is to highlight the relevance of the expected growth of the renewable energy sources in the electric sector and the trend for the energy efficiency of buildings.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR195



Le prospettive delle fonti rinnovabili nel quadro della politica energetica dell'Unione Europea

Rosario Francesco Nicoletti

L'Agenda 2030 esamina il tema dell'efficienza energetica e dell'energia rinnovabile ponendo degli obiettivi ambiziosi entro il 2030, coerenti con la politica energetica dell'Unione europea. L'attuale schema legislativo italiano inerente la promozione delle fonti rinnovabili di energia si riferisce alla Direttiva europea 28/2009, che nel dicembre del 2018, dopo circa 9 anni, è stata rifiutata nella Direttiva 2001, apportando delle importanti novità inerenti gli obiettivi vincolanti da conseguire entro il 2020.

Secondo la nuova rafforzata politica di promozione alle fonti rinnovabili di energia, gli Stati membri dovranno garantire che nel 2030 la percentuale di energia derivante da tali fonti sia pari almeno al 32% rispetto al consumo lordo finale di energia dell'Unione. Considerato che il precedente obiettivo dell'Italia per l'anno 2020 consisteva in una percentuale di generazione rispetto ai consumi del 17%, si prospetta l'esigenza di porre particolare attenzione riguardo i nuovi Obiettivi della Direttiva 2001 anche mediante l'adozione di nuove misure nazionali e locali.

Il presente lavoro focalizza l'attenzione verso le previsioni della futura politica energetica e evidenzia l'importanza del tema dell'efficienza energetica degli edifici. L'argomento è di importanza strategica nell'ambito delle scelte che dovranno essere intraprese nell'ambito della politica energetica in quanto oltre la metà del consumo di energia finale dell'Unione è da attribuire al settore del riscaldamento e del raffrescamento degli edifici. Uno degli obiettivi dell'analisi presentata in questo

lavoro è quello di evidenziare l'esigenza di elaborare un approccio più sinergico rispetto al tema dell'efficienza energetica, privilegiando i sistemi di generazione elettrica che utilizzano la tecnologia fotovoltaica finalizzata all'autoconsumo degli edifici.

La Direttiva 2001

La principale finalità della Direttiva 2001 riguarda la definizione di un nuovo obiettivo vincolante per gli Stati membri dell'Unione europea, espresso quale rapporto tra energia derivante dalle fonti rinnovabili ed i consumi finali lordi di energia. Tale indicatore, composto dalla somma di tre differenti subindicatori rappresentati di altrettanti settori di consumo di energia proveniente da fonti primarie rinnovabili (energia elettrica, energia termica, energia per i trasporti) dovrà raggiungere almeno il valore del 32% entro il 2030; un obiettivo incrementato di oltre il 50% rispetto a quello del 2020 che è pari al 20%.

Un ulteriore obiettivo vincolante indicato dalla Direttiva è quello di incrementare maggiormente l'aliquota di energia delle fonti rinnovabili per il settore dei trasporti, che entro il 2030 dovrà essere pari almeno al 14% (secondo la precedente Direttiva l'obiettivo era del 10% per il 2020).

L'indicatore che sarà oggetto di massima attenzione nella prossima politica energetica è pertanto influenzato da due fattori, a numeratore dalla quantità di energia prodotta da fonti rinnovabili, mentre a denominatore dai consumi finali lordi di energia. Quindi il raggiungimento del prefissato obiettivo dipenderà sia dalla capacità degli Stati membri di incrementare la capacità produttiva degli impianti a fonti rinnovabili, e contemporaneamente di ridurre i consumi finali di energia, che equivale ad un aumento dell'efficienza energetica.

La Direttiva 2001 dunque rappresenta per tutti gli Stati membri europei un importante atto di continuità della politica energetica promossa negli ultimi anni tramite la Direttiva 28, e dovrebbe mirare sia alla promozione delle fonti rinnovabili di energia che a tutte le misure di miglioramento dell'efficienza energetica.

La distribuzione delle rinnovabili in Italia ed in Europa

Al fine di illustrare i risultati della politica sostenuta in passato dall'Unione europea è di particolare rilievo osservare i dati storici dell'andamento dell'indicatore della quota di rinnovabili, e che continuerà ad essere oggetto di attenzione da parte dei governi degli Stati europei.

	2005	2017	Tasso medio rilevato	Tasso medio atteso	Obiettivo 2020	Obiettivo 2030
Italia	7,5%	18,3%	0,90%	0,63%	17%	30%(*)
Europa EU-28	9%	17,4%	0,70%	0,73%	20%	32%

Tabella 1. Le quote delle rinnovabili in Italia ed in Europa (da EEA www.eea.europa.eu - Renewable energy in Europe - 2018 - Report 20/2018. Elaborazione a cura di di R.F. Nicoletti).

Nella tabella 1 si riportano i valori per l'Italia e per la media dei 28 paesi membri dell'UE, con riferimento agli anni 2005 e 2017, il tasso medio di incremento dell'indicatore ed i valori obiettivo del 2020 e 2030.

I valori indicati nella tabella¹ mostrano che già nel 2017 l'Italia è riuscita a superare l'obiettivo prefissato per il 2020 con un anticipo di 3 anni e che in proiezione anche la media dell'Unione europea riuscirà a conseguire l'obiettivo che si era prefissata.

Sebbene i risultati siano da ritenersi soddisfacenti, tuttavia va osservato (fig. 1) come negli ultimi anni i tassi di incremento dell'aliquota delle rinnovabili si siano notevolmente ridotti rispetto agli anni compresi dal 2005 al 2012, sia per l'Italia che per l'UE. Infatti il grafico² dell'andamento storico dell'aliquota delle rinnovabili (fig. 1), evidenzia come il tasso di crescita dell'indicatore si sia sensibilmente ridotto negli anni compresi tra il 2014 ed il 2017, ove il valore medio si è ridotto allo 0,3%, riducendosi di oltre il 50% rispetto a quello previsto (0,63% per l'Italia).

Considerato che l'indicatore complessivo della quota da fonti rinnovabili deriva dalla somma di tre sottoindicatori (FER-e: settore elettrico, FER-th: settore termico e FER-tr: settore trasporti), è interessante osservare anche l'andamento storico di tali subindicatori, al fine di comprendere in che modo si siano evolute le fonti rinnovabili in Italia.

Il grafico riporta³ gli andamenti percentuali dei 3 indici negli ultimi 12 anni con riferimento all'Italia (fig. 2), e illustra che la maggiore crescita relativa di quota da fonte rinnovabile, dal 16,29 al 34,10 %, è da attribuirsi al settore elettrico, con un tasso di crescita medio pari al 1,5% annuo. Anche il settore

1. EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY 2018.

2. I dati sono reperibili al seguente indirizzo: www.eea.eu - Share of renewable energy in gross final energy consumption [T2020_31] (ultimo accesso 26 maggio 2019).

3. I dati Eurostat - Summary results 2017 - SHARE - SHort Assessment of Renewable Energy Sources, cui si è fatto riferimento, sono reperibili al seguente indirizzo: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares> (ultimo accesso 26 maggio 2019).

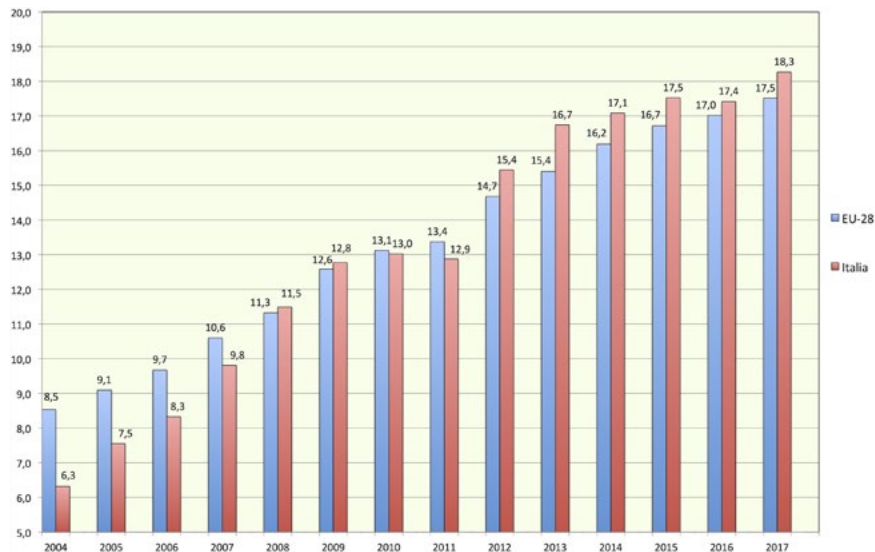


Figura 1. Andamento storico delle fonti rinnovabili in Italia ed in Europa (elaborazione a cura di R.F. Nicoletti).

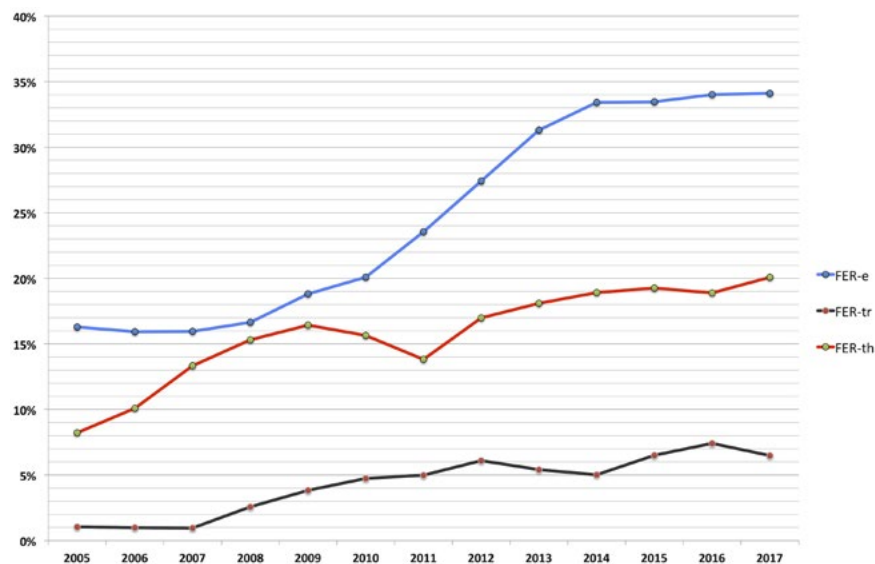


Figura 2. Andamento storico delle rinnovabili per settore in Italia (elettrico, trasporti e termico) (da Eurostat - SHARE - SHort Assessment of Renewable Energy Sources, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares> (ultimo accesso 24 febbraio 2019)).

termico, che passa da un valore di 8,22% a 20,08% ha avuto un considerevole incremento, con un tasso medio di crescita del 1,1%. Il tasso di crescita del settore trasporti risulta essere dello 0,5% annuo, e mostra anche che con ogni probabilità l'obiettivo del 10% per il 2020 non verrà raggiunto.

Dall'osservazione di questi dati, si evince che il maggiore tasso di crescita si è avuto nel settore elettrico ed in particolare negli anni compresi tra il 2008 ed il 2013; mentre il maggiore contributo in termini quantitativi di energia da fonte rinnovabile è fornito dal settore termico.

Le tabelle 2 e 3 illustrano i valori di produzione e di consumo per il settore elettrico ed il settore termico, con riferimento a ciascuna fonte rinnovabile di generazione nel 2005 e nel 2017, sia per l'Italia che per la media dell'UE. Nelle colonne vengono indicati anche il valore differenziale e l'incremento percentuale.

Dai dati riferiti al settore elettrico si evince chiaramente che la produzione derivante dalla tecnologia fotovoltaica ha avuto uno sviluppo notevole, ben più elevato rispetto alla media europea. La quantità di energia prodotta in Italia mediante fonte solare rappresenta quantitativamente circa il 20% dell'intera produzione europea. Mentre per quanto concerne i consumi, si rileva che questi si sono ridotti con un tasso più elevato rispetto a quello europeo (-4,1% rispetto ad un valore di -0,8%).

Per quanto concerne il settore termico si può osservare un considerevole incremento sia per le biomasse destinate al riscaldamento, pari ad un +74% che rappresenta circa il doppio della media europea, sia un incremento da calore derivato (impianti cogenerativi) che è aumentato di circa 7,5 volte rispetto al 2005.

È anche interessante osservare come lo sfruttamento di energia termica tramite le pompe di calore abbia registrato un notevole incremento (pari ad un +148% e consistente in circa il 25% dell'energia termica da fonte rinnovabile consumata globalmente in Italia), tuttavia si deve considerare che tale sviluppo sia stato percentualmente ben inferiore a quello della media europea.

I dati mostrano che la maggior parte del contributo di energia termica da fonte rinnovabile è fornito dalla biomassa solida per riscaldamento domestico, con valori pari a 7.600 kTep, si stima che si tratti di biomassa sotto forma di pellet e legna da ardere.

Per quanto concerne i consumi, si vede che questi si siano complessivamente ridotti del 18% rispetto al 2005, con un tasso annuo medio pari a -1,5%. Sebbene tale risultato sia superiore a quello della media europea, va evidenziato che negli ultimi due anni vi sia una inversione di tendenza (fenomeno negativo, riscontrato anche nella media dei paesi europei).

Confrontando i valori assoluti dei consumi complessivi di energia termica ed elettrica si può constatare che il settore elettrico è responsabile per circa 28 Mtep, quello termico per circa 56 Mtep e quello dei trasporti per 31 Mtep, con un valore complessivo di consumo pari a circa 115 Mtep.

Settore elettrico – kTep (FER-e 2017: 34%)								
	Italia				EU-28			
	2005	2017	Var.	Var. (%)	2005	2017	Var.	Var. (%)
Idrraulica	3.765	3.959	195	+5	29.587	30.002	414	+1
Eolico	220	1.479	1.259	+572	5.940	29.814	23.874	+402
Solare	3	2.096	2.093	+78.538	126	10.266	10.140	+8.078
Biomassa	186	364	178	+95	3.749	8.141	4.391	+117
Altro	673	1.831	1.157	+172	2.756	8.459	5.703	+207
Totale	4.847	9.729	4.881	+101	42.159	86.682	44.523	+106
Consumi	29.750	28.526	-1.224	-4,1	284.287	281.916	-2.372	-0,8

Tabella 2. Fonti rinnovabili per quota settoriale di energia elettrica nel 2005 e 2017 (Eurostat - Summary results 2017 - SHARE. Elaborazione a cura di R.F. Nicoletti).

Settore termico – kTep (FER-th 2017: 20%)								
	Italia				EU-28			
	2005	2017	Var.	Var. (%)	2005	2017	Var.	Var. (%)
Bioenergie	4.367	7.604	3.238	74%	57.168	76.786	19.618	34%
Calore derivato	190	957	766	402%	6.702	14.935	8.233	123%
Pompe calore	1.070	2.650	1.580	148%	2.285	10.467	8.182	358%
Totale	5.627	11.211	5.584	99%	66.156	102.189	36.033	54%
Consumi	68.432	55.823	-12.609	-18%	596.761	524.486	-72.274	-12%

Tabella 3 - Fonti rinnovabili del macrosettore termico nel 2005 e 2017 (Eurostat - Summary results 2017 - SHARE).

Dalla figura 3 si desume che circa il 48% circa dell'aliquota delle fonti rinnovabili di energia dipende dal settore termico, mentre il settore elettrico e dei trasporti rappresentano il rimanente 50% dei consumi, con aliquote similari e pari a circa il 25%.

Da quanto fin qui osservato, si può affermare che gli obiettivi che si era prefissata l'UE in relazione alla politica energetica sono stati complessivamente conseguiti. Tuttavia si riscontra che negli ultimi anni si sono verificati dei cambiamenti di tendenza, probabilmente questi sono causati, anche se parzialmente, dal raggiungimento anticipato degli obiettivi vincolanti e dall'andamento dei consumi di energia che tendono ad incrementare.

Infatti, focalizzando l'attenzione riguardo i valori degli indicatori settoriali FER negli ultimi anni, sia per l'Italia che per la media degli Stati membri, si osserva un sensibile rallentamento del tasso annuale di crescita del contributo delle rinnovabili.

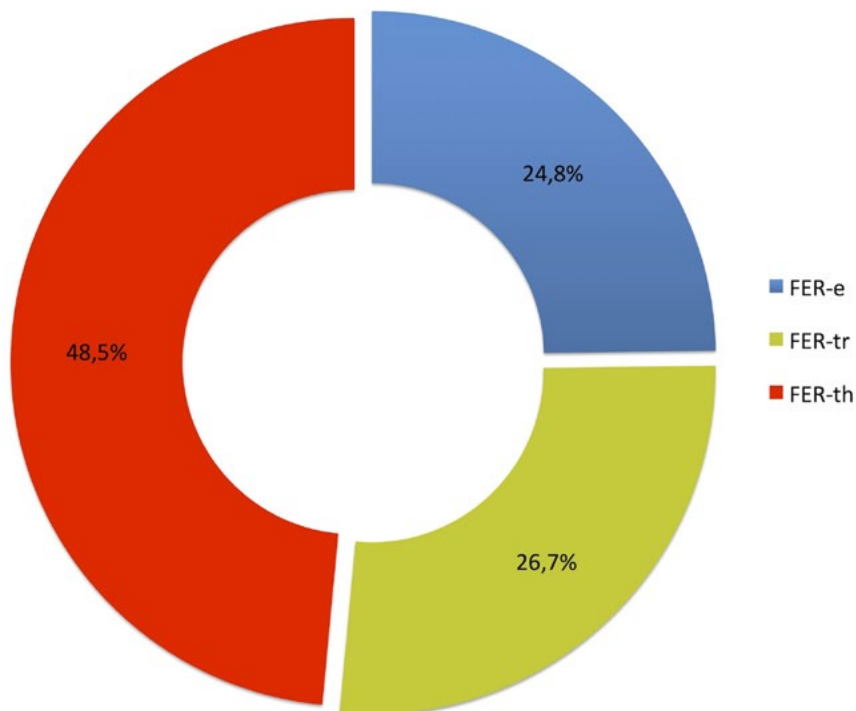


Figura 3. La distribuzione dei consumi per settore (elaborazione a cura di R.F. Nicoletti).

La tabella 4 riporta i valori degli indicatori e le relative differenze percentuali con riferimento ai tre macrosettori di consumo ed agli ultimi anni (2016 e 2017)⁴.

Nel settore dei consumi di energia elettrica dell'Italia del 2017 si osserva una crescita del valore dell'indicatore sostanzialmente nullo. Questo risultato è dovuto principalmente ad un bilanciamento tra incremento di energia rinnovabile prodotta ed incremento dei consumi di energia elettrica. Nella tabella 5 sono stati riportati i valori della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile per tipologia di fonte negli anni 2016 e 2017. Da tali valori si può constatare un aumento della produzione di energia elettrica pari al 2,4%, che unitamente ad un incremento di consumi di energia pari a circa il +2,1% (da 27.940 a 28.525 kTep), produce un valore costante del rapporto tra produzione e consumo.

4. Dati Eurostat - Summary results 2017 - SHARE.

	Rinnovabili elettriche (%)			Rinnovabili Trasporti (%)			Rinnovabili Termico (%) riscaldamento e raffrescamento		
	2016	2017	delta	2016	2017	delta	2016	2017	delta
Italia	34,0	34,0	+0,0	7,2	7,4	+0,8	18,9	19,7	+0,8
EU 28	29,6	30,6	+1,0	7,1	7,2	+0,1	19,1	19,3	+0,2

	2016	2017	Variazione (%)
Idraulica	3.972	3.959	-5,5%
Eolico	1.420	1.479	+26,0%
Solare	1.901	2.096	+86,9%
Biomassa	355	364	+4,1%
Totale	9.504	9.729	+2,4%

In alto, tabella 4. L'andamento delle rinnovabili negli ultimi anni (da Eurostat - Summary results 2017 - SHARE. Elaborazione a cura di R.F. Nicoletti); a sinistra, tabella 5. Contributo del tipo di fonte rinnovabile rispetto all'incremento di produzione (kTep) (da Eurostat - Summary results 2017 - SHARE. Elaborazione a cura di R.F. Nicoletti).

Tale fenomeno rafforza il concetto che la politica energetica deve focalizzare i propri sforzi sia sulla riduzione dei consumi che sull'incremento della produzione di energia da fonte rinnovabile.

Dall'osservazione della tabella 5 si rileva che nel 2017 il maggiore contributo di crescita produttivo sia stato fornito dagli impianti fotovoltaici, pari ad un incremento dell'87% seguito dal settore eolico con un incremento del 26%⁵.

Si tratta di un andamento che indica inequivocabilmente che la maggior parte degli investimenti nel settore delle rinnovabili elettriche sono stati orientati verso impianti fotovoltaici, si tratta di un tasso di crescita considerevole registrato in un momento in cui gli impianti non beneficiano di meccanismi di incentivazione. La motivazione di tale incremento è da addebitarsi alla riduzione dei costi dei componenti utili alla realizzazione degli impianti.

L'andamento dell'efficienza energetica

Uno dei temi strategici della politica energetica nazionale ed europea riguarda l'incremento dell'efficienza energetica, ovvero la riduzione dei consumi finali di energia, che oltre a costituire di per se uno degli obiettivi principali della politica energetica, influenza anche l'andamento degli indicatori inerenti le quote delle rinnovabili le azioni necessarie per il conseguimento degli obiettivi.

5. Dati Eurostat - Summary results 2017 - SHARE.

Secondo la Direttiva europea 27/2012 e la proposta di modifica di quest'ultima del 2016, l'unione europea si prefigge un ulteriore obiettivo che prevede una riduzione vincolante dei consumi pari al 30% per il 2030.

Tale incremento dell'efficienza energetica implica che i consumi si debbano ridurre con un tasso annuo pari a -1,5 %.

Nel dicembre del 2018 Direttiva 27 sull'efficienza energetica è stata modificata, ed è rilevante evidenziare che la stessa prevede che gli Stati membri sono tenuti a realizzare cumulativamente nuovi risparmi energetici nell'uso finale, per l'intero periodo dal 2021 al 2030, pari ad un risparmio annuale di almeno lo 0,8 % del consumo finale di energia.

Nella figura 4, si possono osservare gli andamenti storici dei consumi finali di energia, sia dell'Italia che della media dei Paesi europei.

Nel periodo tra il 2005 ed il 2017 si nota che l'Italia è caratterizzata da un tasso medio di riduzione dei consumi del -1,23%, riducendoli da 137 a 115 MTep, mentre la media dei Paesi dell'UE da un tasso medio pari a -0,45%, riducendo i propri consumi da 1.193 a 1.123 MTep. Anche in questo settore la politica energetica italiana ha consentito il raggiungimento di risultati positivi, ma che negli ultimi anni mostrano un'inversione di tendenza che potrebbe costituire un potenziale ostacolo per la prossima politica energetica.

In ogni caso va evidenziato che la Direttiva 2002 stabilisce un tasso di riduzione dei consumi che è circa la metà di quello precedente, cosa che è chiaramente dipendente dalla previsione di un incremento della domanda di energia.

La regolamentazione italiana

Secondo il SEN 2017 (documento redatto dal MISE e dal Ministero dell'Ambiente per la definizione della Strategia Energetica Nazionale al 2030) si prevede di adottare una politica di efficienza energetica finalizzata a garantire una riduzione dei consumi finali di energia nel periodo 2021-30, con un tasso pari all'1,5% annuo rispetto all'energia media consumata nel triennio 2016-2018 (escludendo il settore trasporti), in accordo alla proposta di nuova direttiva sull'efficienza energetica (COM(2016)761 final). Considerando che nel 2018, per il terzo anno consecutivo è stato registrato un aumento dei consumi rispetto al 2017 e pari ad un + 1,6%, (consumo interno lordo pari a 172 Mtep) (da *La situazione energetica nazionale nel 2018* del Ministero dello Sviluppo Economico – luglio 2019) è evidente che la media dell'energia finale consumata nell'ultimo triennio si attesta a circa

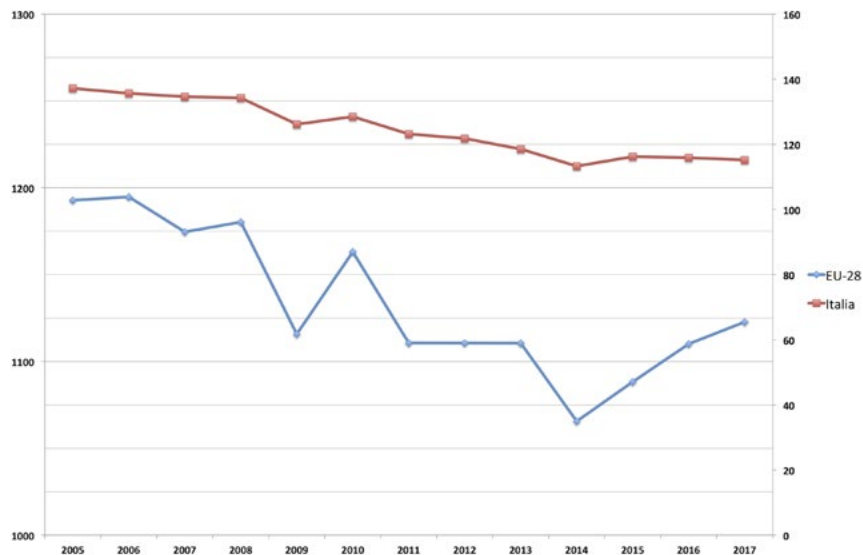


Figura 4. L'andamento storico dei consumi finali di energia, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/SDG_07_11-Final energy consumption \(Europe 2020-2030\)](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/SDG_07_11-Final%20energy%20consumption%20(Europe%2020-2030)) (ultimo accesso 27 giugno 2019).

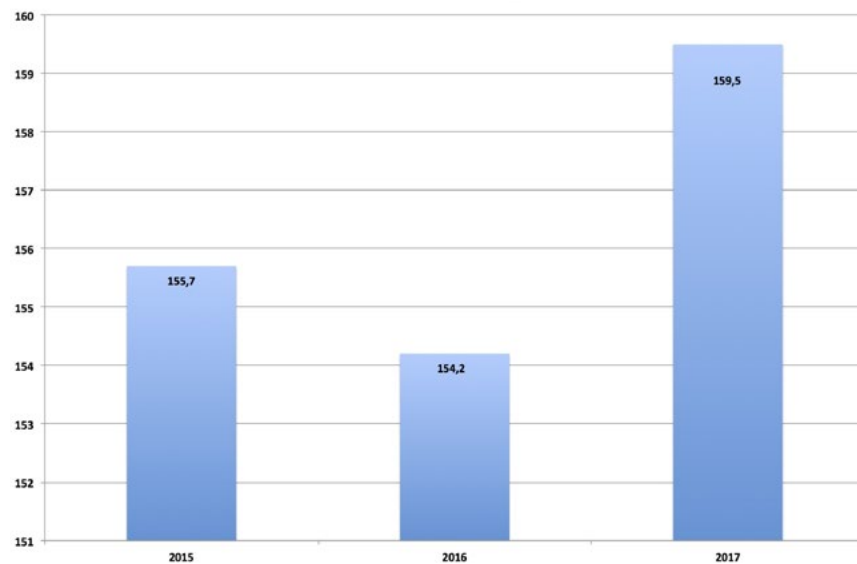


Figura 5. Il consumo interno lordo dal 2015 al 2017 (da Eurostat – Italy Energy balances 2019, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (ultimo accesso 27 giugno 2019).

115 Mtep e che l'andamento della riduzione dei consumi si discosta considerevolmente rispetto alle aspettative di riduzione dei consumi del -1,5% annuo. Nel grafico della figura 5 i valori dei consumi lordi di energia degli ultimi tre anni (dal 2015 al 2017) mostrano che tra 2016 e 2017 l'andamento dei consumi invece di decrescere è incrementato di circa il 3,4%, con un differenziale complessivo pari a circa il +5% rispetto a quello atteso⁶.

Questa caratteristica, riscontrabile anche nell'andamento dell'efficienza energetica degli altri Paesi europei, indica che per conseguire gli obiettivi prefissati dall'UE e dal governo è necessario porre maggiori sforzi e maggiore attenzione riguardo lo specifico tema dell'efficienza energetica in quanto appare che le misure adottate nell'ultimo triennio ultimi anni abbiano avuto dei risultati poco soddisfacenti.

Le proiezioni delle fonti rinnovabili al 2030

Il documento di riferimento italiano più aggiornato per l'allineamento alla Direttiva 2001 è rappresentato dalla Proposta di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima del dicembre 2018⁷, il quale tiene conto degli Obiettivi della Direttiva 2001 e indicativamente propone che l'Italia dovrà raggiungere un'aliquota di fonti rinnovabili pari al 30% per il 2030.

La tabella seguente (tab. 6) illustra gli obiettivi quantitativi del Piano, sia per quanto concerne la produzione per tipologia settoriale di fonte e di consumi di energia, con le stime al 2025 e al 2030. Secondo tale ipotesi l'Italia raggiungerebbe un'aliquota delle fonti rinnovabili pari al 29,7% nel 2030.

Dai valori riportati nella tabella si può notare come la previsione di andamento dell'indicatore delle fonti rinnovabili sia fondata su una crescita di produzione di energia nel settore elettrico, sia in termini di incremento differenziale che assoluto. Mentre per quanto concerne la riduzione dei consumi di energia si può osservare che le previsioni di riduzione dei consumi sono ben diverse da quelle indicate nei documenti di programmazione preliminare a livello europeo. Adottando i tassi di riduzione previsti nell'attuale Direttiva sull'efficienza energetica, pari a -1,5%, l'Italia dovrebbe conseguire al 2030 una riduzione dei consumi pari a -19,5% rispetto al 2017, ovvero circa 23.400 kTep in meno rispetto al 2017, con un consumo complessivo che dovrebbe attestarsi al di sotto dei

6. EUROSTAT 2019.

7. MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 2018.

	2017	2025	2030	Var. (%)	Quota al 2030
Produzione complessiva FER (kTep)	22.000	27.428	33.098	+50%	29,7%
FER-e energia elettrica	9.729	11.981	16.060	+65%	55,4%
FER-th energia termica	11.211	13.467	14.701	+31%	33,1%
FER-t Trasporti	1.039	1.980	2.337	+124%	21,6%
Consumi finali di energia (kTep)	120.435	116.014	111.439	-7,4%	

Tabella 6. Proiezione della quota rinnovabile in Italia al 2025 e al 2030 (da Proposta Di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Parziale elaborazione a cura di R.F. Nicoletti).

100 Mtep, mentre nel Piano si indica un consumo di circa 111 MTep, che rappresenta una differenza pari a circa il 10%.

Secondo lo scenario prospettato dal Piano, il tasso medio annuo di crescita della produzione delle fonti rinnovabili di energia, per tutti i settori, dovrebbe essere complessivamente pari all'1% (2% per il 2029). Dai grafici riportati (figg. 6 e 7)⁸ si può osservare l'andamento previsto della quota delle fonti rinnovabili, e non si può fare a meno di notare che il tasso di crescita dovrà subire una brusca accelerazione all'inizio del 2021, con un tasso di crescita avente caratteristiche simili a quello registrato tra gli anni 2005 ed il 2009.

Per quanto concerne il settore elettrico il tasso medio annuo di crescita dopo il 2020 dovrà essere dell'ordine del 2%. La figura 7 illustra la tendenza con la quale l'Italia dovrebbe conseguire una crescita di tale indicatore, variando complessivamente al 34% al 55%, incrementando del 65% in 10 anni rispetto alla quota raggiunta nel 2020; il che implicherebbe un tasso di incremento annuo della produzione di energia elettrica pari a circa il 6% l'anno, previsione che appare essere fattibile ma distante dai valori che si rilevano negli ultimi anni.

Da tali osservazioni, sebbene non esista ancora un documento con il quale l'Italia recepisca la Direttiva 2018/2001, appare chiaro che l'intenzione del governo italiano sia quello di mantenere la linea della politica energetica sostenuta nell'ultimo decennio e che la chiave del raggiungimento degli obiettivi sia fortemente incardinata sull'incremento di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

8. *Ibidem*.

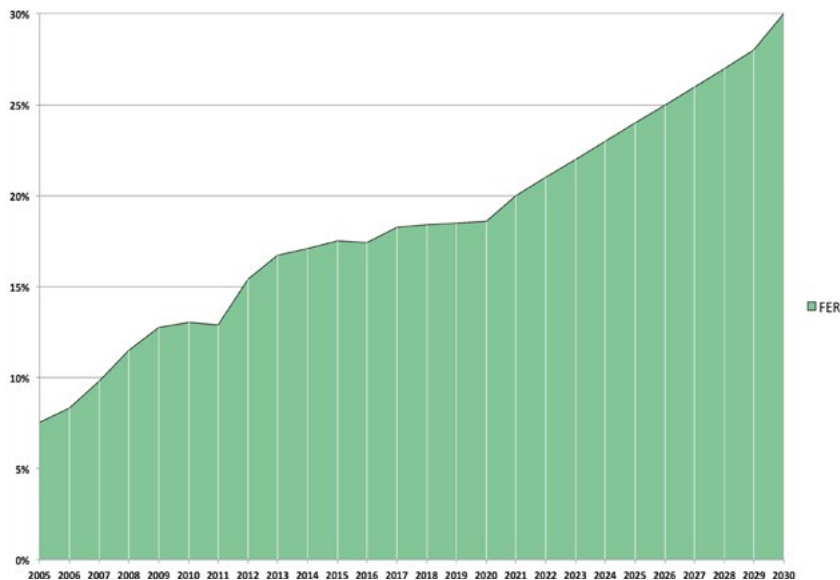


Figura 6. La traiettoria di previsione della quota di tutti i settori delle fonti rinnovabili al 2030 (da Proposta di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Elaborazione a cura di F.R. Nicoletti).

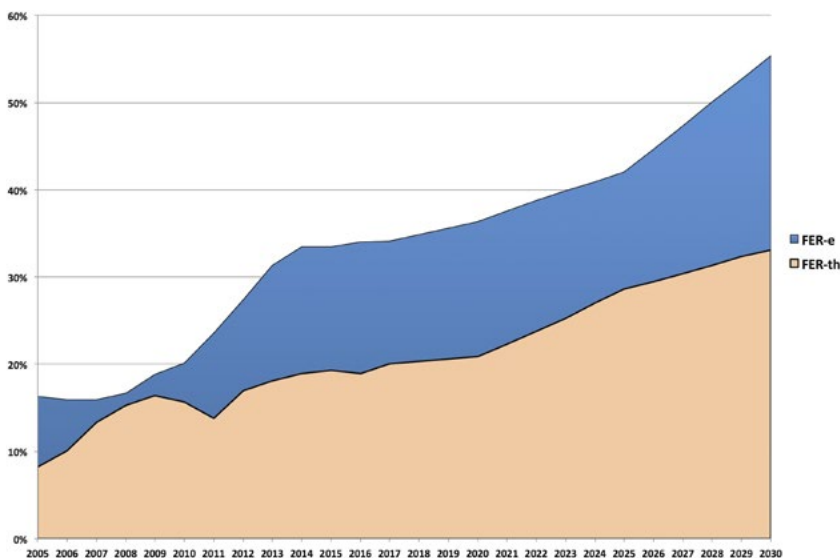


Figura 7. La traiettoria di previsione delle fonti rinnovabili per il settore elettrico (FER-e) e termico (FER-th) (da Proposta di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Elaborazione a cura di F.R. Nicoletti).

Strumenti per l'attuazione della politica energetica

Dall'analisi dei dati storici relativi al panorama europeo e nazionale si desume che sebbene l'Italia ed in generale i Paesi europei siano riusciti a conseguire gli obiettivi prefissati per il 2020, a breve termine sarà necessario individuare dei nuovi strumenti di sostegno che stimolino più efficacemente sia lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia che la riduzione dei consumi finali.

I punti salienti della politica energetica italiana con orizzonte temporale al 2020 si possono riassumere in un incremento del tasso di sviluppo degli impianti industriali destinati alla produzione di energia elettrica, con riferimento alla tecnologia fotovoltaica ed eolica ed in minore misura al sostegno allo sviluppo di sistemi di riscaldamento e/o raffrescamento che impieghino centrali termiche a pompa di calore.

Vale la pena menzionare il Decreto del Ministero dello Sviluppo economico emanato il 4 luglio 2019⁹, con il quale il governo intende incentivare l'energia elettrica prodotta dagli impianti eolici, fotovoltaici, idroelettrici e a gas residuati da processi di depurazione fino al 2021. Il Decreto pianifica il sostegno dello sviluppo di circa 7.000 MW di nuova potenza installata da destinarsi prevalentemente a realizzazione di impianti eolici e fotovoltaici, ivi compreso il rifacimento parziale o totale degli stessi.

Secondo tale Decreto il meccanismo incentivante consiste nella definizione di specifiche tariffe del valore dell'energia che non si discostano sensibilmente rispetto al valore di mercato dell'energia, in sintesi si tratta di meccanismi molto prossimi a quelli del *grid parity*, ben distanti rispetto alle tariffe incentivanti del passato.

Per il raggiungimento degli Obiettivi del 2030 si prevede dunque che ci dovrà essere non solo uno stimolo alla realizzazione di nuovi impianti, ma anche preservare quelli esistenti e laddove possibile, incrementare la quantità di energia prodotta mediante interventi di *revamping* o *repowering*.

In particolare si riscontra che tra gli strumenti che si intende adottare vi sia quello di favorire la sostituzione degli aerogeneratori esistenti mediante quelli di nuova generazione dotati di maggiore capacità produttiva e con rendimenti specifici più elevati rispetto a quelli realizzati in passato. Similmente si intende operare per gli impianti fotovoltaici, sia favorendo progetti di *repowering* o *revamping* (considerato che negli ultimi 10 anni la potenza specifica dei moduli è stata incrementata di circa il 75%), sia promuovendone l'installazione sulle coperture degli edifici.

9. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/09/19A05099/sg> (ultimo accesso 13 febbraio 2019).

Per quanto concerne il settore termico, il cui indicatore di settore rappresenta circa il 50% delle rinnovabili, si prevede un sensibile incremento prevalentemente mediante un maggiore uso delle pompe di calore in quanto lo sviluppo della biomassa solida nel riscaldamento appare essere condizionato dalle emissioni delle caldaie a biomassa. Per tale motivazioni si prevede una maggiore diffusione delle pompe di calore rispetto alle centrali termiche biomasse.

Le due suddette macromisure, ovvero incremento della produzione elettrica ed incremento dello sviluppo delle pompe di calore nel settore termico, appaiono essere tra loro complementari, in quanto un incremento della quota rinnovabile nel mix energetico della produzione di energia elettrica si ripercuote anche sull'incremento della quota complessiva di fonte rinnovabile grazie consumo di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Le misure che riguardano in maniera diretta l'aumento dell'efficienza energetica sembrano invece piuttosto limitate, come se le previsioni di crescita in tale settore siano inferiori rispetto a quelli indicati dall'attuale politica energetica europea.

Conclusioni

Dall'analisi dei dati e delle indicazioni tendenziali della politica energetica europea ed italiana emerge che il 2020 rappresenta un'importante data di arrivo ed immediata ripartenza di una nuova politica energetica che è particolarmente orientata allo sviluppo della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile ed allo stesso tempo un maggior consumo di energia elettrica, mentre si prevede un minore sviluppo sul settore delle FER termiche.

In sintesi, è incontrovertibile che la nuova sfida energetica del 2030 sembri passare obbligatoriamente da un incremento della generazione e dall'impiego del vettore elettrico che sia per lo scenario del 2030 che per quello del 2050.

Da quadro complessivo appare che nella pianificazione della politica energetica italiana sia maturata una consapevolezza riguardo la difficoltà di ridurre i consumi energetici secondo i tassi auspicati e che questo deficit potrà essere compensato mediante un incremento di produzione fonti rinnovabili nel mix energetico della rete elettrica.

L'esame dei dati storici esaminati mostrano che la politica di riduzioni dei consumi ha un ruolo fondamentale nel raggiungimento di tutti gli obiettivi futuri, e considerato che il settore maggiormente responsabile è quello degli edifici (per circa la metà), risulta evidente che la nuova politica energetica dovrà predisporre misure che siano concentrate sull'incremento dell'efficienza

energetica degli edifici a partire dal conseguimento dei requisiti di efficienza richiesti alla categoria degli edifici pubblici (NZEB).

A tal riguardo va evidenziato come le attuali disposizioni di legge inerenti i requisiti minimi di efficienza energetica possano essere integrati e migliorati alla luce dei vantaggi offerti dall'innovazione tecnologica nel settore del fotovoltaico che si unisce ad una riduzione dei costi dei componenti necessari alla realizzazione di impianti di produzione ed accumulo di energia elettrica.

Un ipotetico obbligo di impiego combinato di queste due tecnologie unitamente all'uso di centrali termiche a pompa di calore consentirebbe di conseguire dei considerevoli incrementi delle prestazioni energetiche complessive degli edifici. Le future misure per il conseguimento degli obiettivi sulla riduzione dei consumi e sull'incremento della quota di utilizzo di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili potrebbe essere disciplinata in maniera più efficace attraverso un aggiornamento dei criteri di valutazione degli edifici ad energia quasi zero.

Bibliografia

Direttiva europea 2009 - Direttiva europea 28/2009, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/28/oj> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

Direttiva europea 2001/2018 - Direttiva europea 2001/2018, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

Direttiva europea 2002/2018 - Direttiva europea 2002/2018, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2002/oj> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

Direttiva europea 2012 - Direttiva europea 27/2012, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

Decreto Legislativo 2011 - Decreto Legislativo 28/2011, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2011/03/28/011G0067/sg> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

EUROSTAT 2019 - EUROSTAT, *Italy Energy balances 2019*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>, (ultimo accesso 27 ottobre 2019).

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY 2018 - EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY, *Renewable Energy in Europe, report n.20/2018*, <https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2018> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

GESTORE 2017 - GESTORE DEI SERVIZI ENERGETICI, *Energia da fonti rinnovabili in Italia – rapporto statistico 2017*, https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Rapporto%20Statistico%20FER%202017.pdf (ultimo accesso 28 maggio 2019).

GESTORE 2018 - GESTORE DEI SERVIZI ENERGETICI, *Bollettino sull'energia da fonti rinnovabili - I semestre 2018* (30.6.2018), https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Bollettini/Bollettino%201%20c2%b0%20semestre%202018_rev10_1.pdf (ultimo accesso 28 maggio 2019).

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 2018 - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, *Proposta Di Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*, https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposta_di_Piano_Nazionale_Integrato_per_Energia_e_il_Clima_Italiano.pdf (ultimo accesso 28 maggio 2019).

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE 2017 - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, *Strategia Energetica Nazionale 2017*, Decreto del 10 novembre 2017, <https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/2037375-decreto-interministeriale-10-novembre-2017-strategia-energetica-nazionale> (ultimo accesso 28 maggio 2019).

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO 2019 - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, Decreto Legislativo del 4 luglio 2019, *Incentivazione dell'energia elettrica prodotta dagli impianti eolici on shore, solari fotovoltaici, idroelettrici e a gas residuati dei processi di depurazione*, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2019/08/09/19A05099/sg> (ultimo accesso 24 settembre 2019).

Proposta 2012 - Proposta di Direttiva europea 2012/27/UE sull'efficienza energetica - COM(2016) 761 final, http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0126_IT.html (ultimo accesso 28 maggio 2019).

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Dynamics of the Contemporary Project. New Ancient Materiality. Traditional Materials and Innovation Paths

Francesco Pastura
francesco.pastura@unirc.it

The easing up on transformation procedures, which are characterized by uncontrolled growth, the consumption of finite resources and the deregulation of land and water usage continues to be the object of the debate. This debate focuses on proposing hypothetical solutions to this contemporary reality and its objective is to outline an approach to the Contemporary Project which can be directed towards the re-adoption of the principles of appropriateness and compatibility.

In line with the characteristics of the described approach, the paper proposes an interpretation of an aspect of this discovery.

The management of the material chosen for the project.

The paper, therefore, proposes a path where, when dealing with appropriate and guided innovation paths we can arrive at the resumption of design choices made, taking in the neglected technical, material and immaterial regimes that characterize the existing resources of the current potential territories to be modified.

Therefore, following this path this hypothesis proposes the preliminary assumption of the concepts of awareness and appropriateness as well as the structured adaptability of its logical system. Consequently, its operating model may turn out to be exportable and may be repeated in other areas.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR196



Dinamiche del progetto contemporaneo. Nuova materialità antica. Materiali tradizionali e percorsi di innovazione

Francesco Pastura

«Se la tecnologia continuerà a trionfare e sono convinto che per il futuro ed il benessere del nostro pianeta e dei suoi abitanti debba essere così, gli scienziati e i tecnici dovranno confrontarsi con i temi fondamentali del loro lavoro. Ciò che non si dovrà fare, è ignorare con presunzione i rischi o subire passivamente i timori delle possibili conseguenze»¹.

Il contributo propone una riflessione critica sulla induzione di congrui e attuali percorsi di Innovazione, riferiti alle odierne dinamiche dei “processi di modificazione” dello “spazio antropico e naturale”.

In particolare, il testo evidenzia il tema della ridefinizione dei caratteri di una attuale *mission* dei processi innovativi per il “progetto”.

Un percorso rifondativo che, stante la critica problematicità degli odierni processi di trasformazione, possa essere potenzialmente conseguito, attraverso la assunzione di rivisitati e attualizzati principi di “consapevolezza” e “compatibilità”.

Principi, la cui peculiare rilettura e il derivato accoglimento, rappresentano oggi la chiave di volta di un consono e attuale apparato decisionale, concernente i processi di trasformazione, volto alla

1. BROERS 2005, p.1.

costruzione di un più costruttivo rapporto tra: le permanenti istanze – socio-tecniche ed economiche – di crescita e di sviluppo e la opportuna considerazione del rispetto dei caratteri del sistema ambiente.

Un sistema che, stanti le particolari, problematiche, condizioni critiche in cui da tempo versa, necessita pertanto, degli effetti derivati da una rivisitata cultura di prassi che si riveli in grado di operare alle modificazioni dello spazio antropico e naturale, in ordine ad una sua più oculata e opportuna considerazione e tutela.

A fronte di una crisi della “Ideologia del Globale”, la ragione innovativa, tradizionalmente associata alle dinamiche dello sviluppo e della crescita, catalizza un sempre più accresciuto e diffuso livello di attenzioni.

Un fenomeno, ascrivibile ad una ri/considerazione interpretativa della intrinseca filosofia dell’Innovazione che, letta quale percorso in grado di indurre innalzamenti degli attuali livelli di qualità della vita – da qualche tempo – si assume, inoltre, quale dirimente condizione, atta a garantire la definizione dei caratteri di un necessario *Status* per il superamento della diffusa, attuale, condizione di crisi. Di conseguenza, anche la “produzione dell’architettura” – ambito storicamente sensibile a rileggere ed accogliere le dinamiche del divenire – rivolge una peculiare attenzione, all’assunzione di rivisitati percorsi di innovazione.

Materiali tradizionali e processi di innovazione

Nel mondo delle dottrine scientifiche ed economiche, l’idea di innovare i processi di trasformazione, muovendo dalla loro forma e consistenza materiale, si è sempre basata sul convincimento che la percezione di uno stato di disagio ed inadeguatezza, rispetto a mutate condizioni ambientali dei contesti, possa sospingere le collettività appartenenti, a ricercare forme organizzative, sociali e produttive, più soddisfacenti e idonee a garantire la loro condizione di benessere.

Secondo tale assunzione, una cultura dei processi di innovazione, rivolta ai domini disciplinari delle scienze umane, sociali e dell’architettura, postulando: atteggiamenti di apertura; libertà e trasferimento del pensiero; fiducia nelle capacità risolutive delle strumentazioni scientifiche e culturali; avrebbe dovuto poter conseguire una idonea riorganizzazione di filiere e processi produttivi, in grado di determinare innovati e durevoli assetti strutturali, caratterizzati da significative alee di appropriatezza e compatibilità.



Figura 1. Progetto per l'ampliamento del centro di Promozione D.O.C. Ribera del Duero a Roa, Burgos, Spagna - Progetto Studio Barozzi-Veiga, 2010 (da «L'Arca» 2012, 279, p. 33).

Innovazione in architettura, può significare, dunque, non soltanto organizzazioni socio-tecniche alternative alle attuali, ma, anche, assunzione di metodologie operative, ispirate a criteri di responsabilità e concretezza. Il tutto, ovviamente, da potersi assumere, attraverso rinnovate forme di *engagement* civile, in grado di porsi al di là e in aperta critica con i modelli culturali dominanti.

Nel saggio *Tre forme di architettura mancata*, Vittorio Gregotti scrive:

«Paul Oskar Kristeller conclude giustamente il suo saggio sulla creatività, dichiarando che l’originalità non dovrebbe essere ritenuta il massimo obiettivo della creatività e che vi sono al mondo idee originali inutili e persino dannosissime. E questo, si applica assai bene oltre che al design anche alle architetture di successo mediatico dei nostri anni»².

È possibile, infatti, rilevare che, nel panorama architettonico degli ultimi decenni – come osservato – è evidente una tensione all’innovazione, trainata, con forza, da una ricerca estetica volta ad una sua celebrazione e spettacolarizzazione

In questi casi, l’innovazione dei materiali, dei sistemi costruttivi e dei componenti, è indotta dalla realizzazione di soluzioni architettoniche inedite, spesso connotate da un eccesso di formalismo, che pongono ancora una volta, in termini di netta contrapposizione il progetto e la sua realizzazione³.

Talvolta, infatti, si assiste a una ricerca tanto astratta, che i confini tra sperimentazione e avanguardia, tendono a sovrapporsi e confondersi. Laddove, quindi, un approccio sperimentalista, tende a un fine preciso, le posizioni di avanguardia, volgono alla eclatanza. Alla eccezionalità e alla singolarità del gesto⁴.

A fronte di tali considerazioni, quindi, ciò che, da tempo e da più parti si evidenzia, è la necessità di assumere i caratteri di una operatività critica, quale espressione di una ineludibile, obbligata ed incisiva azione rifondativa, da rivolgere ad una, attualizzata, definizione di “cultura della modificazione”.

Un condurre, a cui sono volte le aspettative che guardano, oggi, all’opportunità di poter superare la forte contraddizione esistente tra la tendenza a voler delineare, ostentatamente e ostinatamente, i caratteri di uno spazio della surmodernità, e – parafrasando Holderline⁵ – l’esigenza del vivere i luoghi, abitando, poeticamente il loro tempo.

Sequenza, nel nostro tempo, purtroppo, cortocircuitata.

2. GREGOTTI 2010, p. 21.

3. CAMPIOLI 2016, p. 77.

4. DE FUSCO 2010.

5. MANDRUZZATO 1993.

Operare, quindi, per il recupero di una tale, dispersa dinamica armonica, rappresenta – attualmente – un dirimente e imprescindibile punto di svolta e di rottura.

Ciò, soprattutto, se riletto alla luce del superamento di una filosofia del pensiero complessivo, le cui derive, hanno fortemente contribuito a relegare la considerazione dei luoghi e dei contesti, alla scala di avulsi supporti lisci.

Nuova materialità antica

Ritrovarsi a misurare il portato di problematiche discendenti da criticità quali quelle tratteggiate, impone, pertanto, la necessità di indagarsi sul reale carattere evolutivo del modello culturale ad esse sotteso.

Ma, contestualmente, impone, soprattutto, la necessità di provare a misurarsi con la individuazione, la costruzione e la promozione di più appropriati modelli da contrapporre.

Un orientamento, utile a definire con attenzione, processi operativi in grado di conciliare: innovazione e tradizione; alta tecnologia e sistemi a bassa complessità; elementi naturali ed elementi artificiali; materialità tradizionale e nuove tecniche; cultura “globale” e specificità “locale”.

Un necessario percorso, pertanto, utile a sopire le facili aggettivazioni di mode strumentali, secondo le quali – da qualche tempo – tutto ciò che concerne la promozione di iniziative di programma o di progetto, inerenti l’attuale definizione di politiche e strategie di trasformazione ambientale, nasce, ma - spesso - non cresce, sotto la legittima bandiera della “sostenibilità”⁶.

Una dinamica, quindi, che possa muovere, contrastando quell’insieme di assunti teorico/operativi i quali, in materia di politiche di sviluppo, hanno presupposto di poter offrire risposte consone alle esigenze delle differenziate realtà dei luoghi, ipotizzando - per esse - indistinte adozioni di prefigurate soluzioni, ritenute atte a conseguirle.

In verità, ogni realtà, nella sua varietà, costituisce un ricco e significativo “patrimonio”.

Una ricchezza, costituita dalla sommatoria di molteplici risorse che vanno, dai paesaggi delle differenti realtà antropiche e naturali – e, quindi, dai rispettivi patrimoni costruiti e non – ai differenti contesti socio-tecnici, economici e culturali; fino a giungere alla considerazione dei peculiari patrimoni, materiali e immateriali che contraddistinguono.

6. RAITERI 2003.

L'*humus* ideale, quindi, per l'accrescimento di azioni di programma, da concepirsi nella più ampia considerazione delle molteplici realtà dei contesti ai quali si farà riferimento, dovrebbe essere rappresentato dalla diffusione, pertanto, di una più matura sensibilità della consapevolezza, la quale – per tali realtà – possa concepire una modellazione di prassi e di azioni, capaci di avviare, compatibili e appropriati processi di crescita e di sviluppo

Obiettivo di tale ipotesi operativa è, quindi, l'opportunità di poter conseguire la promozione di consoni processi di valorizzazione dei patrimoni tecnico-culturali e produttivi, esistenti e appartenenti alla tradizione materiale e costruttiva dei luoghi.

Ciò, soprattutto, attraverso l'induzione di congrui percorsi di innovazione, informati dal basilare principio che, nel panorama dei differenti scenari di processo e produttivi, le variazioni derivabili, debbano rileggersi all'interno di scale di grandezza compatibili con i livelli di controllo, gestionali ed economici, consolidati all'interno delle realtà ove detti scenari, di processo e di prodotto, insistono.

Cioè, un insieme di percorsi volti all'uso di tecniche e di materiali tradizionali esistenti, ma, migliorate sotto il profilo degli attuali livelli di qualità produttiva nonché delle qualità di resa e prestazione esistenti.

Una connessione, pertanto, la quale, guardando, tanto all'accoglimento e governo di un più attuale livello di conoscenze, quanto alla necessaria formulazione di conseguenti e più appropriati e processi compatibili di trasformazione, possa coniugare, percorsi di "nuove materialità" – intesi nella accezione integrata ed estesa, di cui in precedenza – con strategie di modificazione in grado di prefigurare potenziali, ottimali prestazioni ambientali della realizzazione delle opere e delle loro componenti materiali e tecniche.

Una problematica, quella qui tratteggiata, riferita al tema della qualità materiale per il progetto, storicamente centrale e complessa, che le attuali riflessioni del dibattito disciplinare, rivolte alle dinamiche della modificazione dello spazio contemporaneo, hanno reso ancor più centrale e dirimente.

Ciò, soprattutto, a fronte delle cogenti problematiche, dovute al portato di una *deregulation* nella attuale cultura delle trasformazioni ambientali.

Tali riflessioni, infatti, che, da tempo, pongono i loro accenti più gravi sulla necessità di osservare, criticamente, la relazione esistente tra sostenibilità e sviluppo, derivano l'obbligato e, ormai, ineludibile orientamento a definire nuove prassi, atte ad operare per il conseguimento di adeguate e consone risposte alla, comunque, permanente domanda economica e sociale di crescita e di innovazione.

In questa direzione, il tema della evoluzione dei caratteri materiali, evidenzia, quindi, la necessità di articolare proposte di studio e di ricerca applicata, le quali si rivelino in grado di promuovere obiettivi di sviluppo e di connettere i derivati caratteri innovativi a necessarie condizioni di equilibrio sociale, compatibilità e sostenibilità ambientale.

Condizione, quest'ultima, di assoluta centralità strategica per il reificarsi di una adeguata opportunità di crescita, soprattutto, per tutte quelle realtà rappresentative della molteplicità dei contesti ambientali.

Si pensi, in tal senso alle realtà dei paesi in via di sviluppo, o – facendo riferimento, in particolare, al nostro Paese – alle realtà di alcuni ambiti territoriali, definiti “Regioni obiettivo convergenza”.

Si fa nota, infatti, che, per tali realtà, il settore delle trasformazioni edilizie, possa rappresentare, ancora, un volano di sviluppo per le loro economie.

Conclusioni

In una accezione rifondativa che, a fronte della significativa priorità emergenziale rappresentata da alcune importanti problematiche che segnano la nostra contemporaneità (crisi energetiche e climatiche, esplosione di istanze identitarie, penuria di risorse), guarda alla ridefinizione di una più attuale cultura della modificazione, il *fil rouge* che lega detta visione è rappresentato dalla individuazione di due, condivisi, fattori dirimenti: la “questione ambientale” e “l’Identità dei contesti”.

Due presupposti, la cui attuale ri/considerazione – in terminiolutivi – non potrà più essere derogata.

In tal senso, però, si evidenzia che, per poter operare, adeguatamente, alla definizione di una rinnovata cultura delle trasformazioni contemporanee, essa debba essere strutturata, incontrovertibilmente ed in maniera dirimente, dal necessario accoglimento dei principi di appropriatezza e compatibilità.

Processo, quest'ultimo, non reificabile senza l’assunzione di una utile, rivisitata e attualizzata accezione di sostenibilità.

Ciò, stante, l’obiettivo di poter connettere le azioni derivate da tale visione delle trasformazioni, ad una più attenta considerazione dell’insieme dei caratteri ambientali, fisici, produttivi, socio-tecnici e culturali, peculiari espressioni della molteplice specificità dei contesti.

una visione del progetto volta, quindi, anche, all’accoglimento di quell’insieme di proposte di intervento che – attualmente – definiscono un segmento dell’odierno panorama degli scenari del progetto di architettura.

Una realtà che, però, a fronte di un riconosciuto elevato livello della sua propositività, è caratterizzata – contestualmente – da una forte dispersiva, parcellizzazione operativa, volta all’adozione di stilemiche formule di approccio al progetto quali: proposte *slow*; quartieri *autofree*; interventi di *retrofitting* energetico; rigenerazione urbana; decrescita lenta; processi di diradamento del costruito.

L’unitarietà e l’integrazione fra le prassi, quindi, non già la polarizzazione orientata, verso variegate forme di intervento, si ritiene – per contro – possano rivelarsi in grado di poter offrire – attualmente – convincenti risposte alla formalizzazione di una reale cultura delle trasformazioni contemporanee, volta alla costruzione di una spazialità futura, che – a sua volta – non potrà non essere, anche, la modellazione di una prassi del progetto che guarda alla spazialità del presente.

Bibliografia

- BAGLIONI 1994 - A. BAGLIONI (a cura di), *Manuale di progettazione edilizia. Progetto Tecnico e qualità*, Hoepli, Milano 1994.
- BLASI, PAOLELLA 1992 - C. BLASI, A. PAOLELLA, *La progettazione ambientale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1992.
- BROERS 2005 - A. BROERS, *Il trionfo della Tecnologia*, Bollati Boringhieri, Torino 2005.
- BUCCOLIERI, GIALLACOSTA 1999 - C. BUCCOLIERI, G. GIALLACOSTA (a cura di), *Progetto e produzione nello scenario edilizio contemporaneo. Questioni e contributi*, Alinea, Firenze 1999.
- BUTARE 1995 - F.M. BUTERA, *Architettura e ambiente*, ETAS, Milano 1995.
- CAMPIOLI 2016 - A. CAMPIOLI, *Qualità dell'architettura: innovazione, ricerca tecnologica e progetto*, in M.T. LUCARELLI, E. MUSSINELLI, C. TROMBETTA (a cura di), *La Tecnologia dell'Architettura in rete per l'Innovazione*, Maggioli, Rimini 2016, p. 77.
- CANGELLI, PAOLELLA 2000 - E. CANGELLI, A. PAOLELLA, *Il progetto ambientale degli edifici*, Alinea, Firenze 2000.
- CARTA 2014 - M. CARTA, *Reimagining Urbanism*, ListLab, Trento 2014.
- CHIAPPONI 1989 - M. CHIAPPONI, *Ambiente: gestione e strategia*, Feltrinelli, Milano 1989.
- DE CAPUA 2002 - A. DE CAPUA, *Nuovi paradigmi per il progetto sostenibile. Contestualità Adattabilità Durata Dismissione*, Gangemi, Roma 2002.
- DE FUSCO 2010 - R. DE FUSCO, *L'architettura delle 4 avanguardie*, Alinea, Firenze 2010.
- FRANCESCHINI 2014 - A. FRANCESCHINI (a cura di), *Sulla città futura*, ListLab, Trento 2014.
- GASPARI 2008 - J. GASPARI, *L'innovazione tecnologia e la sostenibilità nelle costruzioni*, Edicom, Gorizia 2008.
- GREGOTTI 2010 - V. GREGOTTI, *Tre forme di architettura mancata*, Einaudi, Torino 2010.
- MACERATA RICCI 2012 - M. MACERATA RICCI, *Nuovi Paradigmi*, ListLab, Trento 2012.
- MANDRUZZATO 1993 - E. MANDRUZZATO (a cura di), *Friedrich Hölderline, Le liriche*, Adelphi, Milano 1993.
- MANZINI, VEZZOLI 1998 - E. MANZINI, C. VEZZOLI, *Lo sviluppo di prodotti sostenibili. I requisiti ambientali dei prodotti industriali*, Maggioli, Rimini 1998.
- MARINI, BRETAGNA 2014 - S. MARINI, A. BRETAGNA (a cura di), *Future utopia*, Bruno, Venezia 2014.
- MONTI, RODA 2001 - C. MONTI, R. RODA, *Costruire sostenibile: il Mediterraneo*, Alinea, Firenze 2001.
- MUZZILLO 1997 - P. MUZZILLO (a cura di), *Tecnologie di recupero ambientale*, BEMA, Milano 1997.
- NOVI 1999 - F. NOVI, *La riqualificazione sostenibile*, Alinea, Firenze 1999.
- ORLANDI 1999 - F. ORLANDI, *Eco-efficienza dell'architettura, tra tecnologia e progetto*, Dedalo libri, Roma 1999.
- PAOLELLA 1996 - A. PAOLELLA, *Ambiente e progettazione*, Maggioli, Rimini 1996.
- PAOLELLA 2001 - A. PAOLELLA (a cura di), *L'edificio ecologico. Obiettivi riconoscibilità caratteri tecnologie*, Gangemi, Roma 2001.
- RAITERI 2003 - R. RAITERI (a cura di), *Trasformazioni dell'ambiente costruito. La diffusione della sostenibilità*, Gangemi, Roma 2003.
- RAITERI 2014 - R. RAITERI, *Progettare progettisti*, Quodlibet Studio, Macerata 2014.
- SINOPOLI, TATANO 2002 - N. SINOPOLI, V. TATANO (a cura di), *Sulle tracce dell'innovazione. Tra tecniche e architettura*, Franco Angeli, Milano 2002.
- THERIVEL, PARTIDARIO 2006 - R. THERIVEL, M.R. PARTIDARIO, *The Practise of Strategic Environmental Assessment*, Earthscan Publication Ltd, London 1996.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



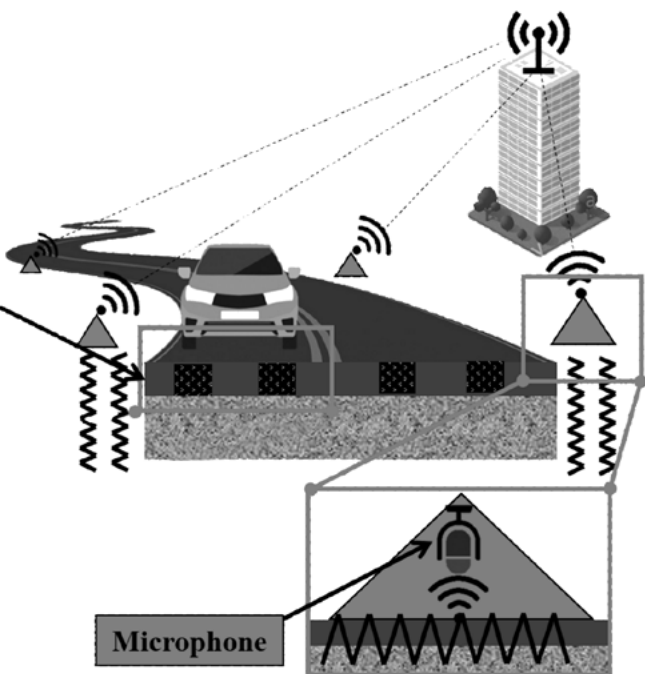
a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Materiali e tecnologie intelligenti per allerta, monitoraggio, e per aumentare la vita utile delle infrastrutture di trasporto

Filippo Giammaria Praticò, Rosario Fedele
filippo.pratico@unirc.it, rosario.fedele@unirc.it

Differenti approcci possono essere utilizzati per rendere le città e le infrastrutture di trasporto più intelligenti, sostenibili e durature. Queste tendenze influenzeranno positivamente il lavoro di molti portatori di interesse come ad esempio le autorità competenti, le società che si occupano di strade, i cittadini, gli utenti, ed i veicoli senza guidatore. Sfortunatamente, malgrado il fatto che i materiali intelligenti sono sempre più utilizzati, il livello di integrazione tra materiali intelligenti e tecnologie per l'allerta precoce ha ancora bisogno di un approccio olistico. Alla luce di questo, l'obiettivo principale del lavoro presentato in questo documento è quello di fornire una panoramica su soluzioni basate su materiali e tecnologie che potrebbero essere utilizzate nel campo delle infrastrutture di trasporto per soddisfare alcuni degli obiettivi della risoluzione per lo sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals) delle Nazioni Unite (A/RES/70/1/2015). Le soluzioni su citate includono un metodo innovativo, messo a punto dagli autori della memoria, il quale è basato sul concetto di firma vibro-acustica. Il metodo su citato è una soluzione basata su test non distruttivi (NDT) e sensori per l'identificazione di danni nelle pavimentazioni stradali. Il metodo proposto è stato validato attraverso simulazioni fatte con un modello agli elementi finiti (FEM), e indagini sperimentali seguite da un'analisi dati svolta usando un modello basato sull'apprendimento automatico (machine learning). I risultati mostrano che materiali e tecnologie intelligenti possono essere utilizzate per raggiungere gli obiettivi della risoluzione A/RES/70/1/2015 e migliorare la sostenibilità delle attuali e future pavimentazioni stradali.



THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR197



Smart Materials and Technologies for Early Warning, Monitoring, and Increased Expected Life of Transportation Infrastructure

Filippo Giammaria Praticò, Rosario Fedele

This paper refers to two out of the seventeen Sustainable Development Goals defined by the General Assembly United Nations (Resolution A/RES/70/1, September 25th, 2015). The work reported in this paper is focused on Goal 9. *Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation* – and on Goal 11. – *Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable*. To be more precise, this paper refers to several sub-goals (i.e., 9.1, 9.4, 9.c, and 11.2) and reports possible solutions that can be classified into two main classes:

- those related to materials (i.e., 9.1.a, 9.4.a-b, and 11.2.a);
- those related to technologies (i.e., 9.1.b, 9.4.c, 9.c, and 11.2.b-c).

For this reason, aiming at providing crucial information on the two classes of solution mentioned above, the two corresponding sections were introduced. Finally, a solution (i.e., a monitoring method for road pavements) developed by the authors of this paper is presented.

Smart Materials to Increase the Expected Life of Transportation Infrastructure

This section of the paper focuses on different strategies to develop quality, reliable, sustainable, resilient, and safe infrastructure (cf. Goals 9 and 11). In particular, it includes possible solutions to obtain innovative and smart materials which act on Asphalt Concrete (AC) mix design.

Smart materials are «materials, which possess the ability to change their physical properties in a specific manner in response to specific stimulus input»¹. With this in mind, several solutions were proposed in order to promote the self-healing of AC road pavements and change their life expectancy. Note that AC may be considered a self-healing material because it has the built-in ability to automatically repair damage to itself. This process can be fostered and strengthened as follows²:

- rejuvenators (i.e., substances of a high penetration value that are able to recover the viscoelasticity of the aged bitumen of the wearing course layer);
- healing agent encapsulation (i.e., microcapsules that contain recuperating substances, e.g. resins that are broken up by the energy produced by the micro-cracks occurring in the AC);
- nanoparticles, such as nanoclay (used as aggregate, which have the ability to repair small scale splits), or nanorubber (melted into the bitumen, which has the ability of enhancing the mending properties of the bitumen);
- randomly direct/oriented fibres. Electrically conductive filaments and fillers (such as carbon strands, graphite, steel filaments, steel wool and the conductive polymer polyaniline) are used to obtain the Fibre-Reinforced Asphalt-Concrete (FRAC). Induction heating is used and it takes advantage of electrical conductivity and of the thixotropic effect. An increase in the life expectancy of about 10%, energy savings of about 3%, and a decrease in CO₂ emissions of about 3% can be obtained (see note 2). Improvements are still needed in terms of technologies and modelling while several doubts still remain, because the technical levels have not yet been achieved, legal obstacles and the involvement of several stakeholders³.

Note that the use of smart materials should be linked to the use of waste/alternative materials. Alternative materials for road construction have been proposed and analysed in terms of Lifecycle Cost Analysis (LCA)⁴:

1. SUSMITA 2013.
2. MAHAJAN, JOSHI, GOLIYA 2017; SUN *ET ALII* 2018.
3. POULIKAKOS *ET ALII* 2017.
4. BALAGUERA *ET ALII* 2018.

- using Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). An exhaustive analysis⁵ showed that, although the use of RAP is a well-established and efficient way to save money and materials, a proper design is required to avoid a more expensive maintenance process, negative impacts on greenhouse gases, and higher energy consumption (which depends on moisture and RAP contents, blending efficiency, and performance levels);
- using other waste in the mixture. For instance, by-products, such as Crumb Rubber (CR), plastics, blast furnace slags, fly ashes, leachate, glass, concrete, wood ash, and fire extinguisher powders have been recently taken into account as alternative materials because of the restrictions on landfill disposal⁶. Bio-oil by-products (e.g., waste cooking oil) were taken into account as a substitute for bitumen (bio-binders)⁷. The first results show that bio-binders have a higher recovery ability and fatigue performance than conventional binders, but this success depends on their inner characteristics. Another possibility refers to the use of the Crumb Rubber (CR), as an additive in the asphalt binder (wet process) or as a substitute for aggregates (dry process)⁸.

Smart materials, recycling, and reuse interact with mix types. Porous pavements include Porous Asphalts (PA), Porous Concretes (PC), Open-Graded Friction Courses (OGFC), and permeable friction courses (PFC). They are able to improve drainability and skid resistance, minimizing hydroplaning, reducing the flash flood risk, reducing splash and spray, improving visibility, and reducing noise levels between the tyre and the road surface⁹. Their main disadvantage is the occlusion of the surface and internal pores (clogging) that dramatically affects their advantages (i.e., quietness and drainability). They can be used to deal with the Urban Heat Island (UHI) effect, together with reflective pavements (which are light coloured, have increased albedo, and reflect primarily visible wavelengths)¹⁰. These latter are included in the set of “cool pavements”, and have been pointed out by the US EPA together with other possible strategies (i.e., the use of trees and vegetation, and of green and cool roofs). Cool pavements are able to:

5. CHEN, WANG 2018.

6. PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2010; PRATICÒ *ET ALII* 2016; JAMSHIDI *ET ALII* 2017; APPIAH, BERKO-BOATENG, TAGBOR 2017; WANG *ET ALII* 2018.

7. YANG, SUCIPTAN 2016; WANG *ET ALII* 2018.

8. HASSAN *ET ALII* 2014; PRATICÒ, MORO, D'AGOSTINO 2015; WULANDARI, TJANDRA 2017.

9. KOSHY, SACHDEVA, SREEDEVI 2015; BICHAJLO, KOŁODZIEJ 2018.

10. US EPA 2008.

- a) store less heat than the conventional materials;
- b) reduce the risk of rutting (premature depressions) due to heavy vehicles;
- c) slow the rate of aging, and, in turn, minimize the related road distresses.

Technologies for Early Warning and Monitoring to Increase the Life Expectancy of Transportation Infrastructure

The use of Information and Communication Technologies (ICT) in order to develop Intelligent Transportation Systems (ITS) is encouraged by the Directive of the European Union 2010/40/EU and aims at targeting goals 9 and 11 above.

Intelligent Transportation Systems (ITS) are needed for all the involved stakeholders (authorities and agencies that are responsible for the assets' management, users, service providers, etc.) in order to:

- a) gather road (e.g., infrastructure characteristics), traffic and travel data (e.g., historic and real-time data on traffic characteristics);
- b) optimize the use of the collected data through processing that aims at extracting important information from them;
- c) use the information extracted to improve environmental performance, sustainability, and efficiency of road infrastructure.

Furthermore, the concept of the ITS is strictly related to the emerging request of smart cities and smart roads, which should be able to improve the daily life of their citizens/users¹¹ by means of the combination of ICT and Internet of Things (IoT). This approach has a good chance of succeeding, but the involvement of several sectors, stakeholders, authorities, and services make it really complex. Hence, real implementation must take into account:

- a) innovative ways to share the information (e.g., mobile applications among vehicles, and/or among vehicles and infrastructure);
- b) alternative transportation modes (e.g., bike or car sharing);
- c) adopting innovative and efficient management strategies (e.g., P traffic management systems, and/or Pavement Management System, PMS).

11. POP, PROSTEAN 2018.

Real time traffic management systems have been proposed in order to intelligently pilot the vehicles, discourage the formation of traffic jams and optimize the power requirements of hybrid vehicles (e.g., fuel cell-based, or autonomous)¹².

The preservation of the infrastructure assets is commonly accomplished through the Pavement Management System (PMS) approach, which is likely the most widespread and cost-effective tool used by officials and practitioners¹³. PMSs are used to gather information from the asset, to identify any backlog work, to set goals and schedule maintenance and rehabilitation (e.g., for 3-5 years) in order to prioritize and limit the interventions, as well as saving time, energy, and money (as budget stretching and return on investment). The approach “worst-first” is usually considered the best way to fix a road pavement, but it is clear to see that by using a PMS it is less expensive to maintain pavements in a decent condition than completely reconstruct it, when it is in bad condition¹⁴.

PMS can be improved using ICT-based monitoring systems (e.g., sensor-based, or machine learning-based) able to carry out real-time and continuous (in time and space) monitoring of the road infrastructure (from a security, structural, and environmental point of view), aiming at identifying the presence of damage and/or potential failure. Noteworthy and recent examples of monitoring systems refer to the use of fixed systems (based on several types of sensors, such as wireless, embedded, etc.)¹⁵, and mobile scanning technologies¹⁶. The data collected using the systems mentioned above, are analysed using two main approaches¹⁷:

- a) the traditional statistical approach (e.g., multivariate statistics);
- b) the emerging computational intelligence-based approach (e.g., machine learning).

A statistic approach¹⁸ aims at collecting, organizing and interpreting numerical data. This approach is particularly suited when the data characteristics are inferred from sampling, while it is not recommended for the analysis of complex and highly nonlinear data. Computational intelligence¹⁹

12. ZHENG *ET ALII* 2015; SAIKAR *ET ALII* 2017.

13. SCARPATI, GUERRA 2013.

14. FEDELE *ET ALII* 2018a.

15. GRACE 2015; HASNI *ET ALII* 2017; LENGLET, BLANC, DUBROCA 2017.

16. SCHNEBELE *ET ALII* 2015; CAFISO *ET ALII* 2017.

17. KARLAFTIS, VLAHOGIANNI 2011.

18. ZANG *ET ALII* 2004.

19. CEYLA, BAYRAK, GOPALAKRISHNAN 2014; GAJEWSKI, SADOWSKI 2014; TONG, GAO, ZHANG 2017.

combines learning, adaptation, evolution and fuzzy logic to structured from unstructured data. Consequently, the more appropriate data process should be selected case by case.

Despite all the innovative methods and devices that have been presented in recent decades, it is still difficult to find them in real and widespread applications. This discrepancy can be mainly attributed to their costs and complexity, and sometimes, to poor efficiency, reliability, and sustainability.

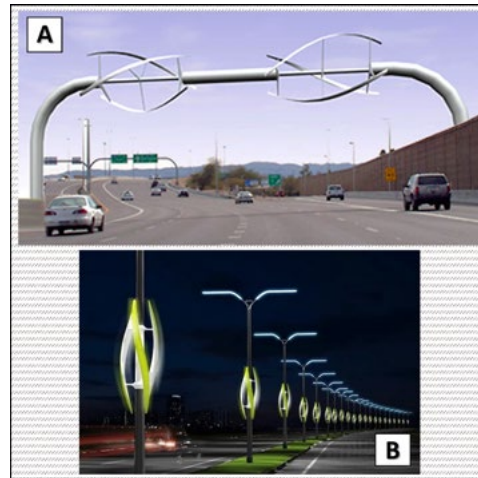
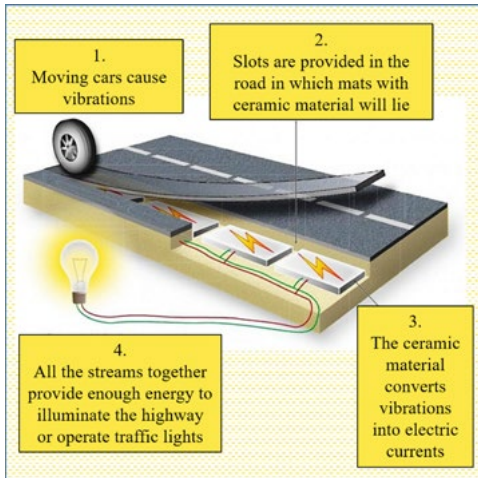
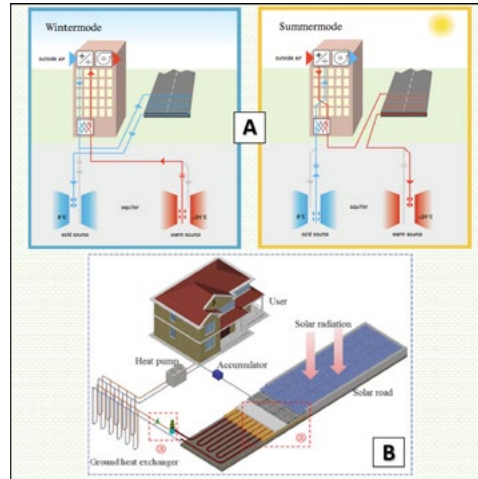
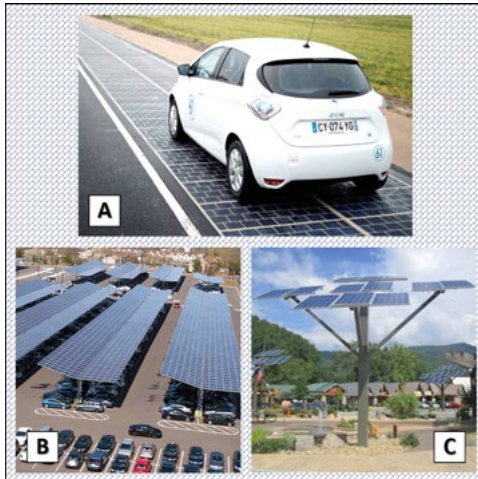
The Sub-Goal 9.4. c refers to sustainability and encourages the adoption of clean and environmentally sound technologies. For this reason, recent and relevant examples of Energy Harvesting Technologies (EHTs) are reported (figg. 1-4). The aforementioned can be used to obtain, from vehicles and roads, renewable energy²⁰:

- a) Offering electric energy to power mobile/laptop/electric vehicles, street lighting, and household/industrial supplies;
- b) Using solar radiation for heating and cooling purposes (e.g., UHI effect reduction, snow melting/de-icing on road surfaces, or the air conditioning of buildings).
- c) Optimising space/land management, reducing the land carbon footprint, and improving public perception.

Their potential depends on power output, cost-effectiveness, the availability of the appropriate level of technology, their strengths and weaknesses, and support from government and industry²¹. The main challenges associated with the EHTs listed above involve high investment costs, medium/poor energy performances, construction optimization (e.g., Photovoltaic roads have to guarantee suitable roughness, resilience, stiffness, sustainability), the environmental impact (good for the renewable energy produced, poor if the material/-process needed are hardly recyclable/complex) and the need for carefully designed maintenance.

20. FEDELE *ET ALII* 2018b.

21. WANG, JASIM, CHENA 2018.



From top to left; figure 1. Example of (A) solar road (da SILVA 2016), (B) bus shelters, and (C) PV tree (da bucket.sunshineworks.com 2018); figure 2. Example of (A) Asphalt Solar Collectors (ASC) (da OOMS AVENHORN HOLDING BV 2003), and (B) photovoltaic thermal hybrid solar collectors (da XIANG ET ALII 2018); figure 3. Example of Piezoelectric Energy Harvesters (PEHs) into the road pavement (da Engineersonline.nl 2012); figure 4. Examples of wind turbines on highways (A) (da CHAPA 2007) and (B).

The Proposed Monitoring Method

An innovative monitoring method, designed by the authors of this paper, is presented in this section (fig. 5). It mainly refers to Goal number 9 above.

It is a Non-Destructive Test and sensor-based solution for the early identification of damage in road pavements. This method is based on the concept of vibro-acoustic signature. The proposed method was validated using Finite Element Modelling simulations²², and experimental investigations followed by data analysis carried out using Machine Learning – and Wavelet – based algorithms²³. Results show that the proposed approach can be used to improve the sustainability of the current and future road pavements and increase their life expectancy.

22. FEDELE, PRATICÒ, PELLICANO 2019.

23. FEDELE, PRATICÒ 2019; PRATICÒ *ET ALII* 2019.

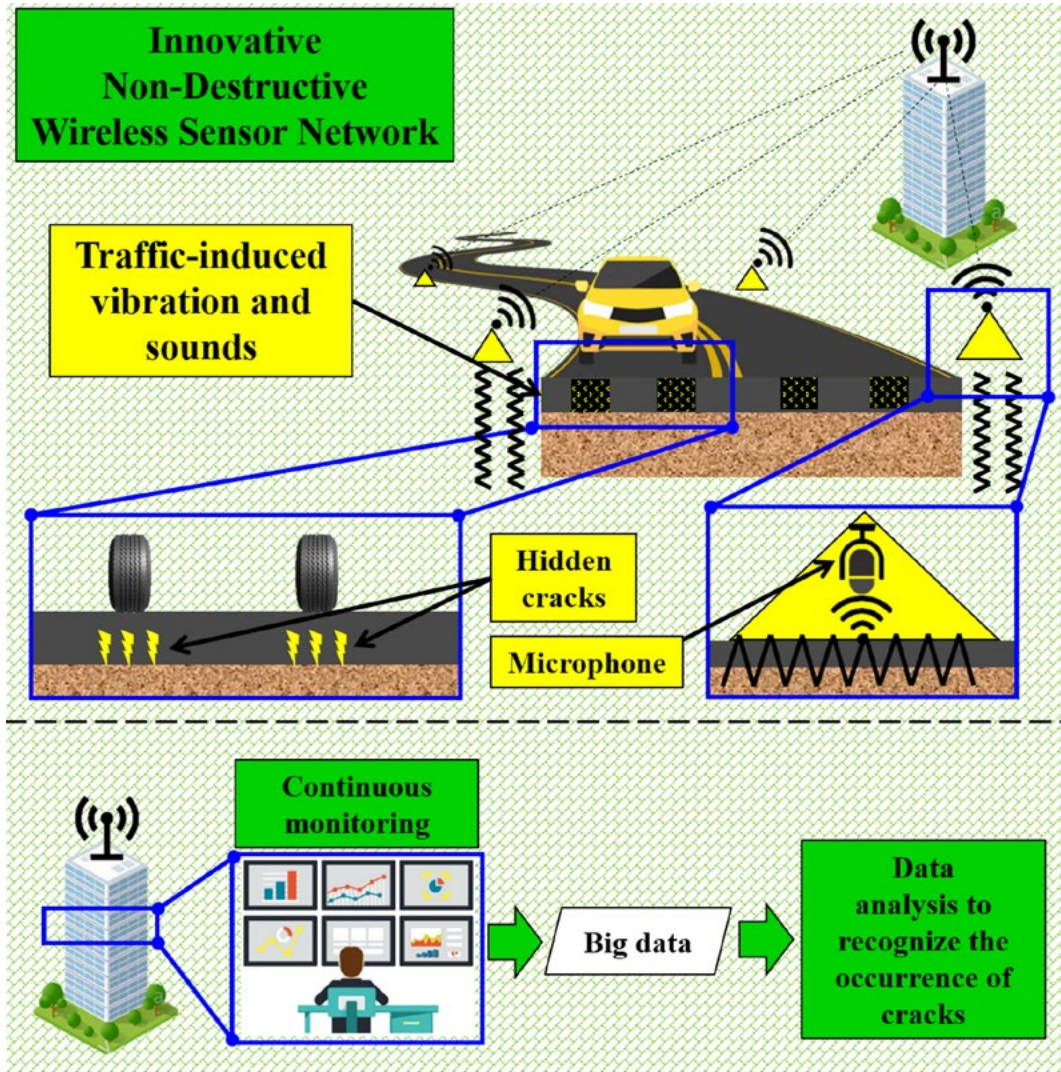


Figure 5. Schematic representation of the monitoring method proposed by the authors.

Bibliography

APPIAH, BERKO-BOATENG, TAGBOR 2017 - J.K. APPIAH, V.N. BERKO-BOATENG, T.A. TAGBOR, *Use of waste plastic materials for road construction in Ghana*, in «Case Studies in Construction Materials», 2017, 6, pp. 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.11.001> (accessed, 24 May 2019).

BALAGUERA ET ALII 2018 - A. BALAGUERA ET ALII, *Life cycle assessment of road construction alternative materials: a literature review*, in «Resources, Conservation and Recycling», 2018, 132, pp. 37-48, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.003> (accessed 24 May 2019).

BICHAJŁO, KOŁODZIEJ 2018 - L. BICHAJŁO, K. KOŁODZIEJ, *Porous asphalt pavement for traffic noise reduction and pavement dewatering – the pollution problem*, Proceedings of VI International Conference on Science and Technology, INFRAEKO 2018 (Krakow, 7-8 June 2018), E3S Web of Conferences, 2018, 45, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500114>.

CAFISO ET ALII 2017 - S. CAFISO ET ALII, *From manual to automatic pavement distress detection and classification*, Proceeding of the 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2017) (Naples, Italy, 26-28, June 2017), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Naples 2017, pp. 433-438.

CEYLA, BAYRAK, GOPALAKRISHNAN 2014 - H. CEYLAN, M. B. BAYRAK, K. GOPALAKRISHNAN, *Neural networks applications in pavement engineering: A recent survey*, in «International Journal Pavement Research Technologies», 2014, 7/6, pp. 434-444, [https://doi.org/10.6135/ijprt.org.tw/2014.7\(6\).434](https://doi.org/10.6135/ijprt.org.tw/2014.7(6).434) (accessed 24 May 2019).

CHAPA 2007 - J. CHAPA, *Student Design Turns Highways Into Wind Farms*, <https://inhabitat.com/student-designs-highway-power/> (accessed 1 September 2019).

CHEN, WANG 2018 - X. CHEN, H. WANG, *Life cycle assessment of asphalt pavement recycling for greenhouse gas emission with temporal aspect*, in «Journal of Cleaner Production», 2018, 187, pp. 148-157, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.207> (accessed 1 September 2019).

FEDELE ET ALII 2018a - R. FEDELE ET ALII, *Energy savings in transportation: setting up an innovative SHM method*, in «Mathematical Modelling of Engineering Problems», 2018, 5/4, pp. 323-330, <https://doi.org/10.18280/mmep.050408> (accessed 1 September 2019).

FEDELE ET ALII 2018b - R. FEDELE ET ALII, *Energy harvesting for IoT road monitoring systems*, in «Instrumentation MeasureMetrologie», 2018, 18/4, pp. 605-623, <https://doi.org/10.3166/i2m.17.605-623> (accessed 1 September 2019).

FEDELE, PRATICÒ 2019 - R. FEDELE, F.G. PRATICÒ, *Monitoring infrastructure asset through its acoustic signature*, in A. CALVO-MANZANO (ed), Proceeding of the Conference Internoise 2019 (Madrid, Spain, 16-19 June, 2019), Madrid 2019, pp. 1970-1981, http://www.sea-acustica.es/fileadmin/INTERNOISE_2019/Enter.htm (accessed 1 September 2019).

FEDELE, PRATICÒ, PELLICANO 2019 - R. FEDELE, F.G. PRATICÒ, G. PELLICANO, *Cracks prediction and monitoring with acoustic signature through Extended Finite Element Modeling*, in «Journal of Testing and Evaluation» 2019, 49, in press, <https://doi.org/10.1520/JTE20190209> (accessed 1 September 2019).

GAJEWSKI, SADOWSKI 2014 - J. GAJEWSKI, T. SADOWSKI, *Sensitivity analysis of crack propagation in pavement bituminous layered structures using a hybrid system integrating Artificial Neural Networks and Finite Element Method*, in «Computational Materials Science», 2014, 82, pp. 114-117, <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2013.09.025> (accessed 1 September 2019).

GRACE 2015 - R. GRACE, *Sensors to Support the IoT for Infrastructure Monitoring: Technology and Applications for Smart Transport/Smart Buildings*, in *First Annual Internet of Things Technology Symposium*, Proceeding of the conference MEPTec-IoT, (San Jose, California, USA, 21 May 2015), <http://www.meptec.org/Resources/15%20-%20Grace.pdf>, USA 2015 (accessed 1 September 2019).

HASNI ET ALII 2017 - H. HASNI ET ALII, *A self-powered surface sensing approach for detection of bottom-up cracking in asphalt concrete pavements: Theoretical/numerical modelling*, in «Construction and Building Materials», 2017, 144, pp. 728-746, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.197> (accessed 21 September 2019).

HASSAN ET ALII 2014 - N.A. HASSAN ET ALII, *A review of crumb rubber modification in dry mixed rubberised asphalt mixtures*, in «Jurnal Teknologi», 2014, 70/4, pp. 127-134.

JAMSHIDI ET ALII 2017 - A. JAMSHIDI ET ALII, *Performance of pavements incorporating industrial byproducts: A state-of-the-art study*, in «Journal of Cleaner Production», 2017, 164, pp. 367-388, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.223> (accessed 19 September 2019).

KARLAFTIS, VLAHOIANNI 2011 - M.G. KARLAFTIS, E.I. VLAHOIANNI, *Statistical Methods versus Neural Networks in Transportation Research: Differences, Similarities and Some Insights*, in «Transportation Research Part C: Emerging Technologies», 2011, 19/ 3, pp. 387-399, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.10.004> (accessed 10 April 2019).

KOSHY, SACHDEVA, SREEDEVI 2015 - S.A. KOSHY, S.N. SACHDEVA, B.G. SREEDEVI, *An overview on the performance of open graded friction courses in road accident reduction and in replenishing the ground water sources*, in «Journal of Civil Engineering and Environmental Technology», 2015, 2/16, pp. 54-59.

LENGLET, BLANC, DUBROCA 2017 - C. LENGLET, J. BLANC, S. DUBROCA, *Smart Road That Warns Its Network Manager When It Begins Cracking*, in «The Institution of Engineering and Technology (IET) Intelligent Transport Systems», 2017, 11/3, pp. 152-157.

MAHAJAN, JOSHI, GOLIYA 2017 - G.R. MAHAJAN, Y.P. JOSHI, S.S. GOLIYA, *Technologies for Self Healing of Asphalt Pavements - A Review*, in «International Journal for Scientific Research & Development», 2017, 5/1, pp. 1595-1599, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2018.05.003> (accessed 1 September 2019).

POP, PROȘTEAN 2018 - M.D. POP, O. PROȘTEAN, *A Comparison Between Smart City Approaches in Road Traffic Management*, in «Procedia - Social and Behavioral Sciences», 2018, 238, pp. 29-3, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.03.004> (accessed 1 September 2019).

POULIKAKOS ET ALII 2017 - L.D. POULIKAKOS ET ALII, *Harvesting the unexplored potential of European waste materials for road construction*, in «Resources, Conservation and Recycling», 2017, 116, pp. 32-44, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.008> (accessed 1 September 2019).

PRATICÒ ET ALII 2016 - F.G. PRATICÒ ET ALII, *Three-year investigation on hot and cold mixes with rubber*, in Proceeding of the Eight International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements MAIREPAV16 (Singapore, 27-29 July 2016), Singapore 2016, pp. 1-10, <http://rpsonline.com.sg/proceedings/9789811104497/html/085.xml>.

PRATICÒ ET ALII 2019 - F.G. PRATICÒ ET ALII, *Identification and monitoring of concealed cracks in road pavement using a machine-learning approach*, in Proceeding of the conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2019) (Kraków, June 2019), Kucharski R., Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore, Poland 2019, pp. 1-8.

- PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2010 - F.G. PRATICÒ, A. MORO, R. AMMENDOLA, *Potential of fire extinguisher powder as a filler in bituminous mixes*, in «Journal of Hazardous Materials», 2010, 173, 1/3, pp. 605-613, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.136> (accessed 11 March 2019).
- PRATICÒ, MORO, D'AGOSTINO 2015 - F.G. PRATICÒ, A. MORO, P. D'AGOSTINO, *An experimental investigation into innovative pavements for city logistics*, in «WIT Transactions on The Built Environment», 2015, 146, pp. 325-336.
- SAIKAR ET ALII 2017 - A. SAIKAR ET ALII, *TrafficIntel, Smart Traffic Management for Smart Cities*, in Proceeding of the conference International Conference on Emerging Trends & Innovation in ICT (ICEI17) (India, 3-5 February 2017), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Xplore, Pune Institute of Computer Technology, Pune, India 2017, pp. 46-50, <https://doi.org/10.1109/ETIICT.2017.7977008> (accessed 1 september 2019).
- SCARPATI, GUERRA 2013 - W. SCARPATI, J. GUERRA, *Investing in Pavement Management Can Improve Roads, Save Money*, in «Municipal Advocate», 2013, 27/2, pp. 22-25.
- SCHNEBELE ET ALII 2015 - E. SCHNEBELE ET ALII, *Review of remote sensing methodologies for pavement management and assessment*, in «European Transport Research Review», 2015, 7/7, <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0156-6> (accessed 13 July 2019).
- SUN ET ALII 2018 - D. SUN ET ALII, *A comprehensive review on self-healing of asphalt materials: Mechanism, model, characterization and enhancement*, in «Advances in Colloid and Interface Science», 2018, 256, pp. 65-93, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2018.05.003> (accessed 1 September 2019).
- SUSMITA 2013 - K. SUSMITA, *Introduction, classification and applications of smart materials: an overview*, in «American Journal of Applied Sciences», 2013, 10/8, pp. 876-880.
- TONG, GAO, ZHANG 2017 - Z. TONG, J. GAO, H. ZHANG, *Recognition, location, measurement, and 3D reconstruction of concealed cracks using convolutional neural networks*, in «Construction and Buildings Materials», 2017, 146, pp. 775-787, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.097> (accessed 18 February 2019).
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2008 - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies. Draft*, <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium> (accessed 1 September 2019).
- WANG ET ALII 2018 - C. WANG ET ALII, *Laboratory investigation on chemical and rheological properties of bio asphalt binders incorporating waste cooking oil*, in «Construction and Building Materials», 2018, 167, pp. 348-358, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.038> (accessed 16 April 2019).
- WANG ET ALII 2018 - T. WANG ET ALII, *Energy consumption and environmental impact of rubberized asphalt pavement*, in «Journal of Cleaner Production», 2018, 180, pp. 139-158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.086> (accessed 1 September 2019).
- WANG, JASIM, CHENA 2018 - H. WANG, A. JASIM, X. CHENA, *Energy harvesting technologies in roadway and bridge for different applications. A comprehensive review*, in «Applied Engineering», 2018, 212, pp. 1083-1094, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.125> (accessed 11 March 2019).
- WULANDARI, TJANDRA 2017 - P.S. WULANDARI, D. TJANDRA, *Use of crumb rubber as an additive in asphalt concrete mixture*, in «Procedia Engineering», 2017, 171, pp. 1384-1389, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.451> (accessed 14 May 2019).

XIANG ET ALII 2018 - B. XIANG ET ALII, *A Novel Hybrid Energy System Combined with Solar-Road and Soil-Regenerator: Dynamic Model and Operational Performance*, in «Energy Conversion and Management», 2018, 156, pp. 376-387, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.066> (accessed 1 September 2019).

YANG, SUCIPTAN 2016 - S.H. YANG, T. SUCIPTAN, *Rheological behavior of Japanese cedar-based biobinder as partial replacement for bituminous binder*, in «Construction and Building Materials», 2016, 114, pp. 127-133, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.100> (accessed 1 September 2019).

ZANG ET ALII 2004 - C. ZANG, M.I. FRISWELL, M. IMREGUN, *Structural Damage Detection Using Independent Component Analysis*, in «Structural Health Monitoring», 2004, 3/1, pp. 69-83, <https://doi.org/10.1177/1475921704041876> (accessed 12 October 2019).

ZHENG ET ALII 2015 - C. ZHENG ET ALII, *An energy management approach of hybrid vehicles using traffic preview information for energy saving*, in «Energy Conversion and Management», 2015, 105, pp. 462-470, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.061> (accessed 1 September 2019).

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA

Tecnologie e materiali innovativi per infrastrutture di trasporto più sostenibili

Filippo Giammaria Praticò, Rosario Fedele, Paolo Giovanni Briante, Gianfranco Pellicano, Giuseppe Colicchio
filippo.pratico@unirc.it, rosario.fedele@unirc.it, paolo.briante@gmail.com, gia.pellicano@gmail.com, giuseppe.colicchio@unirc.it

Le tecnologie e i materiali innovativi possono favorire gli obiettivi contenuti nella risoluzione A/RES/70/1 delle Nazioni Unite. Le pavimentazioni stradali a bassa rumorosità (ad esempio le pavimentazioni porose, le miscele bituminose con gomma e le pavimentazioni con tessitura ottimizzata) hanno proprietà volumetriche, superficiali (quali drenabilità, tessitura, aderenza e prestazioni acustiche) e proprietà meccaniche che decadono nel tempo. Ciò dipende dalla particolare tecnologia utilizzata e da molteplici variabili. Molti processi e fenomeni sono coinvolti, con conseguenze in termini di sicurezza, rumorosità e budget. Alla luce di questi problemi, gli obiettivi di questo studio riguardano la messa a punto di una metodologia volta a migliorare la progettazione delle principali proprietà di una pavimentazione stradale e in particolare di quelle relative alla superficie. Le proprietà superficiali e volumetriche sono state monitorate, analizzate, in laboratorio e in situ. I risultati mostrano che l'uso di superfici stradali "speciali" (aventi, ad esempio, bassa emissione di rumore) può aumentare la durata complessiva della pavimentazione e che il metodo messo a punto può migliorare notevolmente la sostenibilità complessiva delle infrastrutture di trasporto, raggiungendo alcuni degli obiettivi indicati nella risoluzione A/RES/70/1.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR198



Innovative Technologies and Materials for More Sustainable Transportation Infrastructures

Filippo Giammaria Praticò, Rosario Fedele, Paolo Giovanni Briante,
Gianfranco Pellicano, Giuseppe Colicchio

The United Nations Resolution, A/RES/70/1¹, 21 October 2015, adopted by the General Assembly on 25 September 2015, includes seventeen main “Sustainable Development Goals”. Furthermore, innovative technologies and materials for more sustainable transportation infrastructures include low-noise road pavements (for example porous asphalt concretes, asphalt rubberised mixtures, and texture-optimised pavements) and innovative technologies for the transportation infrastructures for the future. The above-mentioned innovations can lead to improvements by referring to the following A/RES/70/1 Goals (tab. 1).

Discussion of Several Prospective Developments

Hot mix asphalts (HMA) (including Open-Graded Friction Courses (OGFC), Stone Matrix Asphalt (SMA), and fine- and coarse graded dense mixes, etc.) are expected to perform over extended periods of time under a variety of traffic and environmental conditions, but their properties decay

1. UN GENERAL ASSEMBLY 2015.

A/RES/70/1 goals	Innovative technologies and materials contribution
Goal 3. Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages.	Reducing noise through porous asphalt concrete, and reducing Particulate Matters (PMs) through better pavements and vehicles.
<p>Goal 9. Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization and foster innovation.</p> <p>Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable.</p> <p>Goal 12. Ensure sustainable consumption and production patterns.</p>	Reducing the consequences deriving from flash floods through high-permeable friction courses and improving the resilience of transportation infrastructures.
Goal 11. Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable.	Reducing vulnerability acting on the minimization of water runoff through high-permeable friction courses.
Goal 13. Take urgent action to combat climate change and its impacts.	Reducing the urban heat island effect through the use of permeable pavements.

Table 1. How Innovative technologies and materials match 2030 agenda United Nations A/RES/70/1 (Author's own compilation).

over time affecting safety, quietness, and budget². One of the possible solutions, the porous asphalt, was developed in 1967 in Great Britain to solve the hydroplaning problem. Porous pavements are used throughout the world, most commonly in Europe and the United States³. They are commonly referred to as Porous Asphalt (PA), Porous Concrete (PC), Open-Graded Friction Course (OGFC), or permeable friction course (PFC), and their performance is influenced by the high Air Void content

2. PRATICÒ, AMMENDOLA, MORO 2010.

3. CHARBENEAU, BARRET 2008.

(AV). Porous asphalt mixtures have an air voids content (18-24% for wearing layer, and 24-28% for bonding layer), which is greater than typical mineral-asphalt mixtures (3-8%)⁴. This result is obtained because of the aggregate gradation. This has many advantages and benefits such as improving the surface drainability and wet skid resistance, minimizing hydroplaning, reducing splash and spray, improving visibility (wet conditions) and, finally reducing noise levels between the tyre and the road surface⁵.

Reducing Noise and Particulate Matters (PMs) through Porous Asphalt Concretes

At a constant vehicle speed, quiet asphalt pavements contribute to reducing the noise of 3-6 dB compared to a conventional pavement (3 dB roughly corresponds to halving the traffic volume). For instance, Olszacki⁶ found that at a speed of 80 km/h, the noise from a passenger car on Hot Mix Asphalt (HMA) and Stone Mastic Asphalt (SMA) pavements was comparable (about 75 dB), while on porous asphalt it was about 70 dB, which is about 5 dB less. Low-noise road pavements can be obtained acting on: i) air void content (> 15%, reduction of air pumping mechanisms and air resonance, reduction of the horn effect, and resonance mechanisms); ii) thickness of the layers; iii) shape, interconnection and size of the air voids (related to maximum aggregates' size and degree of compaction).

The main disadvantage of porous pavement refers to the "clogging" effect due to sand and dust that obstruct the air voids⁷ and cause the long-term loss of sound absorption. Possible solutions are: 1) periodic cleaning; 2) the improvement of the mixture design (gradation); 3) the use of two-layer asphalt mixtures or gap-graded thin overlay. In the gap-graded thin overlay (15-25 mm), discontinuous gradation (gap-grade) aggregates guarantee the porosity necessary to properly convey water and dust⁸.

In recent decades, Asphalt Rubber (AR) has been proposed as a material for "silent" pavements. AR is a type of asphalt mixture containing rubber from recycled tires. AR can be produced using two methods: i) the "dry" method (rubber used as aggregates); ii) the "wet" method (rubber melted in the bitumen, a.k.a. asphalt rubber).

4. ANDRÈS-VALERI *ET ALII* 2016.

5. KOSHY, SACHDEVA, SREEDEVI 2015; BICHAJŁO, KOŁODZIEJ 2018.

6. OLSZACKI 2006.

7. TAN, FWA, HAN 2003.

8. CANESTRARI 2019.

Poro-Elastic Road Surfaces (PERS) are made with rubber granules (40-95% by weight), mixed with a bituminous or synthetic binder, obtaining 25-40% of residual voids. PERS allow for the reduction of traffic noise because they are mechanically “elastic” and acoustically porous. Despite these advantages, some problems related to flammability and adhesion to the substrate have to be solved. Another example of a “quiet” material is the bituminous mixture containing expanded clay (i.e. a light and artificial aggregate in the form of spherical rough granules having a cellular type structure). The expanded clay is introduced as an aggregate with dosages of about 15% in weight, which produces a better sound absorption, a possible reduction of the vibrations, the improvement of the skid resistance because of a finer texture⁹, and the reduction of virgin resources.

Porous asphalt pavements are linked to environmental protection. They recharge groundwater and improve runoff water quality by significantly decreasing heavy metals, mineral oils, nutrients, and other soluble and anthropogenic pollutants¹⁰. It is important to note that the contact between the tyre and the road surface causes shears in the tyre¹¹ and this results in the generation of wear particles. The amount and size of the particles released depends on the climate (temperature), the composition and the structure of the tyre, the road surface, the driving speed and style, and the nature of the contact (e.g., rolling versus slipping). Among traffic-related particles, a part is generated from non-exhaust traffic related sources such as brake, tyre, and clutch. Road surface wear already exists in the environment as deposited material and becomes re-suspended due to traffic induced turbulence¹². On average, the Road Wear contribution to PM_{2.5} is about 45% (8.8 µg/m³) while it is about 54% (16.8 µg/m³) for PM10¹³.

The problems related to the PMs can be partly faced using the Permeable Friction Courses above (PFC)¹⁴. During storms, the rainfall infiltrates into a PFC pavement, it is filtered (especially suspended solids and other pollutants associated with particles), and it is conveyed along the boundary with the underlying conventional pavement to the edge of the road (the hard shoulder). To be more precise, filtering occurs when pollutants become attached to the PFC matrix by straining, collision, and other processes. Literature shows that concentrations of total suspended solids from PFC (i.e. total

9. MASAD *ET ALII* 2007; PRATICÒ, VAIANA 2015.

10. YAO, CHEN 2012.

11. KOLE *ET ALII* 2017.

12. GRIGORATOS, MARTINI 2014.

13. DENBY *ET ALII* 2013; AMATO *ET ALII* 2014; WEINBRUCH *ET ALII* 2014, PANKO *ET ALII* 2019.

14. ECK *ET ALII* 2012.

suspended solids (TSS), total Kjeldahl nitrogen (TKN), chemical oxygen demand (COD), and total metals like copper, lead, and zinc) are approximately 90% lower than in runoff from conventional pavements¹⁵.

Improving Resilience and Reducing the Consequences Deriving from Flash Floods through High-Permeable Friction Courses

Unbridled urbanization, demographic growth and climate changes have been identified as the main causes of the significant rise in flood event risk. Poorly maintained drains may concur to minimize the drainability of the infrastructures and produce, during storms, an instantaneous runoff and flash flooding¹⁶. Anyhow, in extreme weather events, traditional rainwater management systems and existing defence structures for flooding have been proven to be ineffective, and unable to mitigate the problem¹⁷.

In contrast, in terms of risk management, a certain resilience is requested. The latter is defined as a system's ability to continue to function at an acceptable level of efficiency in the face of disruptive or unexpected conditions. This means the ability for people to get around in the face of one or more major obstacles to normality. Indeed, these obstacles can include extreme weather events like the ones above.

To limit flash floods risks in developed areas (where the storm water risk is frequent) permeable pavement systems (PPS) can be used¹⁸.

Literature¹⁹ shows that the hydrological effects of permeable pavements on flood mitigation are highly dependent on pavement type, the clogging rate and the initial water content of the pavement. Permeable pavements reduce surface runoff by 1-40%, and peak flow by 7-43% in a 12-h storm event with rainfall of about 114 mm. Permeable friction courses can be applied also to low-traffic streets, driveways, patios, bike paths, parking lots, plazas and sidewalks, obtaining a decrease in the storm water runoff volume of up to 70-90%²⁰. The size of the air voids influences the lifespan of porous pavements. Oxidation and lower durability can be noted²¹.

15. BARRET, KEAFOTT, MALINA 2006.

16. ZAW HTOO OO 2018.

17. SAYAMA ET ALII 2012.

18. IMRANA, AKIBA, KARIM 2013.

19. HU ET ALII 2018.

20. CRUIJSEN 2015.

21. KUMAR DAS, DAS SAIKIA 2018.

Reducing Vulnerability Acting on the Minimization of Water Run Off through High Permeable Friction Course

Risk, resilience and vulnerability are interconnected. Vulnerability analysis refers to the susceptibility to extreme strains for a dynamic system²². It is noted that open-graded friction courses (PFC, OGFC, PAC) reduce vulnerability²³.

Reducing the Urban Heat Island (UHI) Effect through the Use of Permeable Pavements

The United States Environmental Protection Agency (US EPA) defines the Urban Heat Island (UHI) effect as «the phenomenon whereby urban regions experience warmer temperatures than their rural surroundings»²⁴. In fact, the replacement of land and vegetation (permeable and humid sites) with structures and infrastructures (impermeable and dry) leads to an increase in the sun's energy absorption and storage (i.e., the heat is transferred downwards and stored in the subsurface, then it is released during the night, affecting also the quality of the waterways).

For cities with one or more than one million people, this leads to the fact that the annual mean air temperature can be 1-3°C and 7-12°C warmer than the surroundings, during the day and the night, respectively. Furthermore, if the surface temperature of developed and rural areas is considered, the ranges above become 10-15°C and 5-10°C, respectively. It is important to note that, during the summertime: i) conventionally paved areas can reach 48–67°C; ii) an increase in 0.6°C leads to an increase in 1.5-2% of the peak urban electricity demand; iii) over recent decades, to compensate for the UHI effect, 5-10% of the community's demand for electricity is used.

Different approaches have been proposed to mitigate the UHI effect: the use of trees and vegetation, green and cool roofs and cool pavements (e.g., reflective or permeable pavements).

It is important to note that if pavement surface temperatures are reduced, in turn, it is possible to reduce the risk of rutting (premature depressions) due to heavy vehicles and to slow down the rate of aging that is responsible for other types of distress. Stempihar showed that porous asphalt has higher day-time surface temperatures than other pavements, but lower night-time temperatures

22. REGGIANI, NIJKAMP, LANZI 2015.

23. BARRET, KEAFOTT, MALINA 2006; COOLEY *ET ALII* 2009; BRAGA, CONNOLLY 2010.

24. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2008.

compared to other materials with a similar or higher albedo²⁵. Mohajerani found that the UHI effect can be further mitigated if recycled materials are used to build these types of pavement²⁶. Ibrahim measured the highest temperature for traditional and porous asphalt concrete, and cement concrete, the results of which were equal to 47.3°C, 39.8°C, and 38.1°C, respectively²⁷. Liuproposed a novel permeable pavement called evaporation-enhancing permeable pavement. Their results showed that the proposed pavement is cooler than a conventional permeable pavement by as much as 9.4°C²⁸.

Methodology

The design of a multi-layered system, i.e. a pavement which aims at assessing geometry and the composition of each mixture²⁹.

There are many factors to be taken into consideration such as volume (e.g., AV³⁰), mechanics (e.g., fatigue, plastic deformation, thermal cracking), resistance (e.g., Marshall stability³¹), workability-related properties (e.g., bitumen viscosity), and (for the friction course) surface properties (e.g., friction, surface texture, acoustic absorption, drainability).

A synergetic and concurrent design is needed³², e.g.:

- 1) designing the friction course in order to comply with the CPX requirement (fig. 1);
- 2) predicting the corresponding consequences in terms of L_{den}^{33} ;
- 3) predicting the consequences, if any, in terms of the remaining surface-related properties (e.g., drainability, friction, and texture);
- 4) predicting the consequences in terms of mechanistic properties (fig. 1);
- 5) deriving the life expectancy for each layer of the pavement system;

25. STEMPIHAR *ET ALII* 2012.

26. MOHAJERANI, BAKARIC, JEFFREY-BAILEY 2017.

27. IBRAHIM *ET ALII* 2018.

28. LIU, LI, PENG 2018.

29. PLATÌ 2015; PRATICÒ, BRIANTE, LICITRA 2019.

30. PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2009.

31. PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2010.

32. GARBARINO *ET ALII* 2016.

33. EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION 2002.

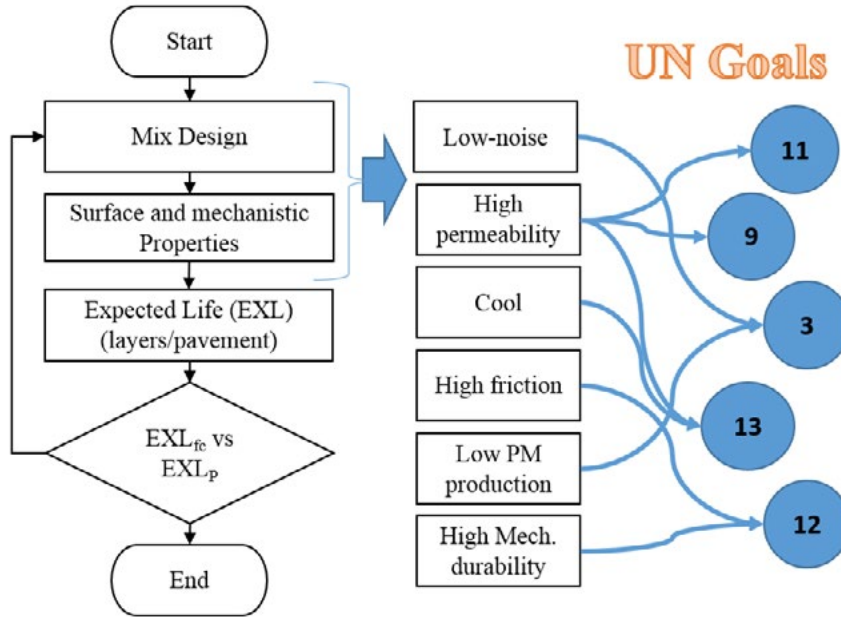


Figure 1. Methodology (Author's own compilation).

- 6) deriving the life expectancy of the pavement (without the friction course);
- 7) comparing the life expectancy of friction course and pavement;
- 8) going back to the design of layers (and, particularly, friction course) in order to have the highest life expectancy of the pavement, the highest life expectancy of the friction course, being the first n times the second one.

Conclusions

This paper aims at providing a methodology to set up innovative technologies for more sustainable transportation infrastructures.

A comparative table to show how these solutions can satisfy the 2030 agenda has been proposed. Finally, a methodology, which takes into account the main parameters associated with road pavement design, has been presented.

Bibliography

AMATO ET ALII 2014 - F. AMATO ET ALII, *Trends of road dust emissions contributions on ambient air particulate levels at rural, urban and industrial sites in southern Spain*, in «Atmospheric Chemistry and Physics», 2014, 14, pp. 3533–3544; <https://doi.org/10.5194/acp-14-3533-2014> (accessed 23 May 2019).

ANDRÈS-VALERI ET ALII 2016 - V. ANDRÈS-VALERI ET ALII, *Laboratory Assessment of the Infiltration Capacity Reduction in Clogged Porous Mixture Surfaces*, in «Sustainability», 2016, 8, pp. 1-11, <http://dx.doi.org/10.3390/su8080751> (accessed 23 May 2019).

BARRET, KEAFOTT, MALINA 2006 - M.E. BARRETT, P. KEARFOTT, J.F. MALINA, *Stormwater Quality Benefits of a Porous Friction Course and Its Effect on Pollutant Removal by Roadside Shoulders*, in «Water environment research: a research publication of the Water Environment Federation», 2006, 78, pp. 2177-2185; <http://dx.doi.org/10.2175/106143005X82217> (accessed 15 April 2019).

BICHAJŁO, KOŁODZIEJ 2018 - L. BICHAJŁO, K. KOŁODZIEJ, *Porous asphalt pavement for traffic noise reduction and pavement dewatering – the pollution problem*, in J. DZIOPAK, D. SLYS (eds), *Proceedings of the VI International Conference on Science and Technology*, INFRAEKO 2018 (Krakow, 7-8 June 2018), Curran Associates Inc., Krakow 2018, pp. 868-873.

BRAGA, CONNOLLY 2010 - A. BRAGA, C. CONNOLLY, *Introduction to Permeable Friction Course (PFC) Asphalt*, in S. STRUCK, K. LICHTEN (eds), *Proceedings of Low Impact Development International Conference (LID)*, (San Francisco, 11-14 April 2010), San Francisco, American society of Civil Engineers, Reston 2010, pp. 104-112.

CHEN, LEE, LIN - J.S. CHEN, C.T. LEE, Y.Y. LIN, *Influence of Engineering Properties of Porous Asphalt Concrete on Long-Term Performance*, in «Journal of Materials in Civil Engineering», 2017, 129, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001768](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001768) (accessed 15 February 2019).

CANESTRARI 2019 - F. CANESTRARI, *Lezioni del corso di Gestione e Manutenzione delle Pavimentazioni Stradali, Tecnologie di riduzione del rumore*, Dipartimento ICEA, Sezione Infrastrutture, Università Politecnica delle Marche (Ancona), https://www.univpm.it/Entra//Ingegneria_1/docname/Allegati (accessed 27 August 2019).

CHARBENEAU, BARRET 2008 - R.J. CHARBENEAU, M.E. BARRETT, *Drainage hydraulics of permeable friction courses*, in «Water Resources Research», 2008, 44, pp. 1-10, <http://dx.doi.org/10.1029/2007WR006002> (accessed 17 September 2019).

COOLEY ET ALII 2009 - L.A. COOLEY ET ALII, *Construction and Maintenance Practices for Permeable Friction Courses*, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, The National Academies Press, Washington DC 2009, <https://doi.org/10.17226/14310> (accessed 1 March 2019).

CRUIJSEN 2015 - A.C. CRUIJSEN, *Design opportunities for flash flood reduction by improving the quality of the living environment. A Hoboken City case study of environmental driven urban water management*, Master thesis, 26.03.2015, University of Technology, Delft (The Netherlands), <http://resolver.tudelft.nl/uuid:f433a5ce-8249-4976-a43f-a741b4ce2bf9> (accessed 27 August 2019).

DENBY ET ALII 2013 - B.R. DENBY ET ALII, *A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling*, in «Atmospheric Environment», 2013, 77, pp. 283-300, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069> (accessed 19 April 2019).

ECK ET ALII 2012 - B. ECK ET ALII, *Water Quality of Drainage from Permeable Friction Course*, in «Journal of Environmental Engineering», 2012, 138, pp. 174-181, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000476](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000476) (accessed 25 May 2019).

EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION 2002 - EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise -*

- PLATÌ 2015 - C. PLATÌ, *Sustainability factors in pavement materials, design, and preservation strategies: A literature review*, in «Construction and Buildings Materials», 2019, 211, pp. 539-555.
- PRATICÒ, AMMENDOLA, MORO 2010 - F.G. PRATICÒ, R. AMMENDOLA, A. MORO, *Factors affecting the environmental impact of pavement wear*, in «Transportation Research Part D: Transport and Environment», 2010, 8, pp. 127-133, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2009.12.002> (accessed 12 April 2019).
- PRATICÒ, BRIANTE, LICITRA 2019 - F.G. PRATICÒ, P.G. BRIANTE, G. LICITRA, *Durability of premium road surfaces*, in A. PEREZ-LOPEZ *ET ALII* (eds), Proceedings of 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, INTERNOISE 2019 (Madrid, 16-19 June 2019), Madrid 2019, http://www.sea-acustica.es/fileadmin//INTERNOISE_2019/Fchrs/Proceedings/1429.pdf (accessed 29 October 2019).
- PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2009 - F.G. PRATICÒ, A. MORO, R. AMMENDOLA, *Modeling HMA bulk specific gravities: A theoretical and experimental investigation*, in «International Journal of Pavement Research and Technology», 2009, 173, pp. 115-122.
- PRATICÒ, MORO, AMMENDOLA 2010 - F.G. PRATICÒ, A. MORO, R. AMMENDOLA, *Potential of fire extinguisher powder as a filler in bituminous mixes*, in «Journal of Hazardous Materials», 2010, 173, pp. 605-613, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.136> (accessed 15 May 2019).
- PRATICÒ, VAIANA 2015 - F.G. PRATICÒ, R. VAIANA, *A study on the relationship between mean texture depth and mean profile depth of asphalt pavements*, in «Construction and Buildings Materials», 2015, 101, pp. 72-79, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.021> (accessed 19 March 2019).
- REGGIANI, NIJKAMP, LANZI 2015 - A. REGGIANI, P. NIJKAMP, D. LANZI, *Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity*, in «Transportation Research Part A: Policy and Practice», 2015, 81, pp. 4-15, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.12.012> (accessed 24 September 2019).
- SAYAMA *ET ALII* 2012 - T. SAYAMA *ET ALII*, *Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin*, in «Hydrological Sciences Journal/ Journal Des Sciences Hydrologiques», 2012, 57, pp. 298-312, <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2011.644245> (accessed 16 March 2019).
- STEMPIHAR *ET ALII* 2012 - J.J. STEMPIHAR *ET ALII*, *Porous Asphalt Pavement Temperature Effects for Urban Heat Island Analysis*, in «Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board», 2012, 2293, Issue1, pp. 123-130, <https://doi.org/10.3141/2293-15> (accessed 26 April 2019).
- TAN, FWA, HAN 2003 - S.A. TAN, T.F. FWA, C.T. HAN, *Clogging Evaluation of Permeable Bases*, in «Journal of Transportation Engineering», 2003, 129, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2003\)129:3\(309\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:3(309)) (accessed 15 June 2019).
- UN GENERAL ASSEMBLY 2015 - UN GENERAL ASSEMBLY, *Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015. A/RES/70/1, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, New York 2015, http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (accessed 20 August 2019).
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 2008 - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), *Reducing urban heat islands: Compendium of strategies. Draft*, <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium> (accessed 12 August 2019).
- WEINBRUCH *ET ALII* 2014 - S. WEINBRUCH *ET ALII*, *A quantitative estimation of the exhaust, abrasion and resuspension components of particulate traffic emissions using electron microscopy*, in «Atmospheric Environment», 2014, 99, pp. 175-182, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.09.075> (accessed 18 March 2019).
- ZAW HTOO OO 2018 - T. ZAW HTOO OO, *Impact of Flash Floods, Taking Effective Long-Term Measures*, in «The Global New Light of Myanmar», 2 August 2018.

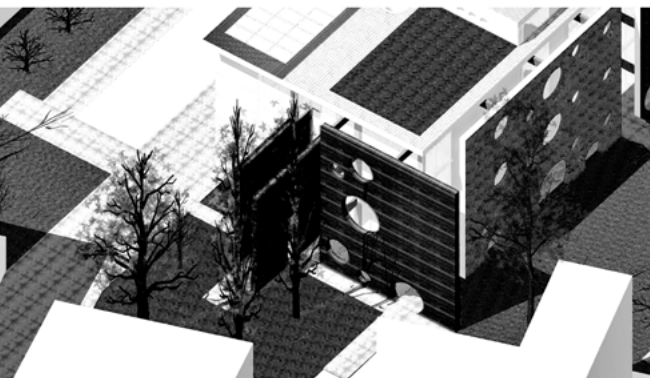
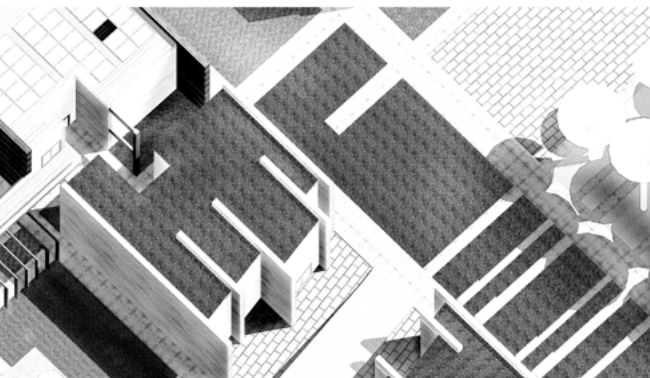
LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA



Regenerative Design as a Contribution to Understanding Resilience to Climate Change

Corrado Trombetta, Giovanni Cavanna
ctrombetta@unirc.it, cavanna@itc.cnr.it

With this contribution to the open debate with the call “Mediterranea 2030” on the themes of the 2030 Sustainable Development Agenda, it is intended to underline how the Regenerative Design has contributed to a more conscious approach to the project of the built environment based on resilience to climate change and how, through a real planning strategy, we also intend to reconstruct in this environment a cultural and scientific scenario. Some remarks were started a few years ago with the Art Department of the Mediterranean University of Reggio Calabria, through the “Messaggeri della Conoscenza” Program, which developed the “Regenerative Design - Green Strategy” Project, hosting Prof. Cole, the company designed by Perkins+Will, a group of teachers and young researchers from many Italian universities.

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR199



Il *Regenerative Design* come contributo alla comprensione della resilienza ai cambiamenti climatici

Corrado Trombetta, Giovanni Cavanna

Il contributo intende porre l'attenzione sul *Regenerative Design* e la sua collocazione all'interno del tema più recente all'ampio scenario della "resilienza", come strategia di progettazione e con esplicito riferimento ai *Goals/Target* di interesse presenti nella Strategia Agenda 2030 e nello specifico all'Obiettivo 11.b.

Ciò significa entro il 2020 aumentare notevolmente il numero di città e di insediamenti umani che adottino e attuino politiche e piani integrati verso l'inclusione, l'efficienza delle risorse, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, la resilienza ai disastri, lo sviluppo e l'implementazione, in linea con il Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri 2015-2030, della gestione complessiva del rischio di catastrofe a tutti i livelli. Il tema, a nostro modo di vedere, può essere esplorato dall'osservatorio del suo principale sostenitore. Raymond J. Cole, docente della School of Architecture and Landscape Architecture della University of British Columbia di Vancouver, oggi in pensione, ha trattato le questioni ambientali nella progettazione architettonica per più di trent'anni anche come co-fondatore del Green Building Challenge e, per questo è stato premiato con il Barbara Dalrymple Memorial Award e l'US Building Council Green Service Public Leadership Award.

Il suo punto di vista conferma le relazioni e le sovrapposizioni fra il tema della progettazione dell'ambiente costruito e quello della resilienza. Per una maggiore comprensione dell'assunto, s'intende ricostruire attraverso questo articolo lo scenario culturale e scientifico riconducibile al *Regenerative Design*, analizzandone alcuni aspetti scientifici e tracciandone un inquadramento critico al fine di arricchire il dibattito scientifico e culturale contemporaneo¹.

Tale quadro è a noi chiaro in quanto, alcuni anni fa, il Dipartimento dArTe dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, attraverso il Programma "Messaggeri della Conoscenza"², ha sviluppato il Progetto *Regenerative Design–Green Strategy*, che ha visto protagonista proprio il professore Cole, la società di progettazione Perkins+Will, un folto gruppo di docenti e giovani ricercatori provenienti da molti atenei italiani.

La nascita del Regenerative Design

La genesi del *Regenerative Design* sarà riletta attraverso episodi culturali e scientifici chiave che hanno delineato lo sviluppo del suo pensiero nella progettazione.

In primo luogo, si rende necessario ripercorrere la tematica relativa allo sviluppo sostenibile, come si è evoluto e tappe fondamentali, attraverso i suoi protagonisti attivi in due differenti percorsi: il "percorso teorico generale" e il "percorso teorico progettuale".

Percorso teorico generale: la lettura critica del Regenerative Design

La rilettura del *Regenerative Design* va impostata attraverso alcuni passaggi chiave, episodi culturali e scientifici soprattutto avvenuti nel nord America, che hanno determinato lo sviluppo del pensiero nella progettazione sostenibile:

- il primo, relativo all'evoluzione del pensiero che dalla comprensione del funzionamento termodinamico degli ecosistemi e che ha portato alla consapevolezza del problema ambientale e alla definizione di sviluppo sostenibile, fino al *Regenerative Development* oggi;

1. COLE 2012.

2. Il Programma Messaggeri della Conoscenza, anno 2013, finanziato dalla politica di sviluppo regionale attraverso il Piano di Azione Coesione e attuato dal Ministero per l'istruzione, l'Università e la Ricerca, è finalizzato a promuovere la realizzazione di iniziative sperimentali di didattica integrativa, volte a mettere a disposizione degli studenti degli atenei delle Regioni Convergenza (Campania, Calabria, Sicilia e Puglia) metodi di insegnamento e ricerca tipici di altri sistemi educativi e a contenuti.

- il secondo, relativo alla metodologia progettuale cosiddetta *Green*, dall'architettura organica al *Regenerative Design*, passando per l'approccio eco-efficiente, l'architettura bioclimatica, il *Restorative Design*, l'*Ecological Design*; *Bio inspired design* e l'approccio *Cradle-to-Cradle*.

Di seguito alcune definizioni e riferimenti utili a definire gli ambiti di applicazione di questa metodologia, ripercorrendone i paradigmi riferiti:

- *Eco Efficiency*. È stato proposto come uno degli strumenti principali per promuovere una trasformazione dallo sviluppo insostenibile a quello sostenibile secondo i metodi del *green* e *Sustainable Design*, poiché è diventato lentamente evidente che l'industrializzazione e la crescita economica vanno di pari passo con il degrado ambientale;

- *Restorative Design*. Ruota intorno alle questioni relative al modo in cui gli esseri umani possano ripristinare gli ecosistemi attraverso lo sviluppo. Riconosce il danno ambientale svolto dalle attività umane e cerca di porre rimedio attraverso un ulteriore sviluppo. È un processo di gestione dell'uomo e di manipolazione degli ecosistemi.

- *Bio Inspired Design*. Comprende il rapporto tra biologia/ecologia e gli esseri umani, per migliorare la tecnologia umana (*biomimicry*) o per migliorare il benessere psicologico umano (biofilia). Può applicarsi al *Regenerative*, al *Restorative*, all'*Eco-efficient* o al *Conventional Design*. Ha il potenziale per contribuire agli obiettivi del *Regenerative Design*.

- *Ecological Design*. Crea processi compatibili con la natura, che possono essere reciprocamente vantaggiosi per migliorare la salute umana e non-umana. Strategie specifiche di progettazione possono essere modellate su diversi tipi di ecosistemi.

In sintesi tali modelli di design definiscono il "*conventional thinking*", inteso con l'approccio che ha visto John Tillman Lyle, un professore di Architettura del Paesaggio del Calpoly, California State Polytechnic University, sfidare gli studenti universitari ad immaginare una comunità in cui le attività quotidiane si basassero sul valore di vivere entro i limiti delle risorse rinnovabili disponibili, senza degradare l'ambiente, introducendo il concetto di "limite delle risorse".

Nello stesso periodo, Walter Stahel ha co-fondato The Product Life Institute a Ginevra e le sue idee hanno portato all'economia circolare, ovvero la dematerializzazione dell'economia industriale.

Percorso teorico progettuale: il Regenerative Design e la Resilienza.

Il *Regenerative Design* è un approccio progettuale più recente, volto a innescare processi “rigenerativi”, di ripristino, rinnovamento e rivitalizzazione di un contesto attraverso la creazione di relazioni tra i bisogni della società e l’integrità della natura. Le teorie di *Regenerative Design* si sviluppano dal concetto di sviluppo sostenibile, integrando ad esso quelli di responsabilità ambientale, equità sociale e di sostenibilità economica. I principi teorici di progettazione rigenerativa si sono focalizzati sulla scala della comunità in cui è previsto un continuo cambio e produzione di energia e materiali, tramite i propri processi funzionali.

In particolare, Lyle propone dodici strategie fondamentali per un progetto rigenerativo:

- lasciare che la natura faccia il proprio lavoro;
- considerare la natura sia modello e contesto;
- utilizzare la logica dell’aggregazione, non dell’isolamento;
- puntare a un livello ottimale per qualunque scopo invece che a un massimo o un minimo;
- conciliare tecnologia e necessità;
- utilizzare le informazioni per il sistema di monitoraggio;
- fornire molteplici soluzioni;
- ricercare soluzioni comuni a problemi diversi;
- gestire l’immagazzinamento come chiave per la sostenibilità;
- dare forma alle cose sulla base dei flussi;
- modellare le forme in modo tale da rendere manifesto il processo;
- stabilire l’ordine di priorità per la sostenibilità.

Tali principi di progettazione rigenerativa sono stati posti quali elementi di base per la costruzione della matrice metodologica. La matrice di base è stata poi arricchita con i parametri di calcolo delle prestazioni energetiche, le prescrizioni normative (EPBD, EMAS), i parametri dei principali sistemi di certificazione (LEED, LCA, ICMQ) e i principi di progettazione bioclimatica propri del dibattito scientifico internazionale.

Partendo quindi dall’assunto che la resilienza è la capacità di adattarsi alle mutevoli condizioni e di mantenere o riguadagnare funzionalità e vitalità di fronte a stress o disturbi, essa è la capacità di riprendersi dopo un evento o un’interruzione. A vari livelli - individuali, famiglie, comunità e regioni - attraverso la resilienza possiamo mantenere condizioni vivibili in caso di disastri naturali, perdita di energia o altre interruzioni nei servizi normalmente disponibili, possiamo sostenere che, rispetto ai

cambiamenti climatici, la resilienza comporta l'adattamento alla vasta gamma di impatti possibili sui sistemi dell'ambiente costruito, secondo una vera e propria "nuova responsabilità"³.

La progettazione resiliente può rispondere a tali processi di modificazione, attraverso "la progettazione mirata" di edifici, paesaggi, comunità e regioni in risposta a queste vulnerabilità fisico-climatiche e socio-tecniche.

In estrema sintesi, si riportano i principi generali della progettazione resiliente⁴, come individuato dall'organizzazione RDI, che se ne occupa dal 2012 con molti studiosi, dichiarando a monte che la resilienza trascende le scale del progetto, per cui le strategie per affrontare la resilienza si applicano a scale di singoli edifici, comunità e più ampie scale regionali ed ecosistemiche; si applicano anche a diverse scale temporali, dall'immediato a lungo termine. Quindi seguono i principi relativi ad ambiti di applicazione e obiettivi:

- i sistemi resilienti forniscono i bisogni umani di base;
- i sistemi diversi e ridondanti sono intrinsecamente più resistenti;
- i sistemi semplici, passivi e flessibili sono più resistenti;
- la durata rafforza la resilienza;
- le risorse disponibili localmente, rinnovabili o recuperate sono più resilienti;
- la resilienza anticipa interruzioni e un futuro dinamico;
- trova e promuovi la capacità di recupero in natura;
- l'equità sociale e la comunità contribuiscono alla resilienza;
- la resilienza non è assoluta.

Ne emerge che il *Regenerative Design* appare oggi come convergenza del pensiero ambientale, ma soprattutto come una proposta culturale e scientifica ambiziosa, che implica più cambiamenti, a più livelli, in quasi tutti i settori e ambiti dei processi di trasformazione. Sostanzialmente, con il *Regenerative Design* si punta a restituire ciò che lo sviluppo industriale ha tolto al sistema naturale, tentando di sperimentare nuovi metodi di produzione "puliti", valorizzando le conoscenze tecnologiche disponibili per risolvere i problemi alla radice, anche e soprattutto in funzione della resilienza di un luogo.

Il campo emergente dello sviluppo rigenerativo e del design segna un'evoluzione significativa nel concetto e nell'applicazione della sostenibilità. Le pratiche nel design sostenibile o ecologico si sono

3. FOCÀ, LAGANÀ 2015.

4. *Resilient Design Institute: The Resilient Principles*, www.resilientdesign.org (ultimo accesso 20 ottobre 2019).

concentrate principalmente sulla riduzione al minimo dei danni all'ambiente e alla salute umana e sull'utilizzo più efficiente delle risorse; in effetti, rallentando il degrado dei sistemi naturali della terra.

I sostenitori della rigenerazione all'ambiente costruito credono che sia necessario un approccio molto più integrato e completo per la progettazione e la costruzione di edifici e insediamenti umani (e quasi tutte le altre attività umane). I processi rigenerativi cercano non solo di invertire la degenerazione dei sistemi naturali della terra, ma anche di progettare sistemi umani in grado di co-evolversi con i sistemi naturali, evolvendosi in un modo che generi benefici reciproci e una maggiore espressione generale di vita e resilienza ai cambiamenti climatici.

Conclusioni

Dalla nostra ricerca la resilienza sembra richiedere rispetto al *Regenerative Design* quello che abbiamo denominato un "plus esigenziale", probabilmente teso a migliorare le capacità di autoriparazione dell'ambiente, dando all'ambiente costruito una nuova capacità di adattamento a un clima che cambia rapidamente.

Il campo dello sviluppo rigenerativo e del design, che trae ispirazione dalle capacità di auto-guarigione e auto-organizzazione dei sistemi viventi naturali, è sempre più visto come una fonte per raggiungere questo scopo.

L'applicazione dei principi di *Regenerative Design* deve, tuttavia, fronteggiare due principali sfide: la fattibilità, anche economica, e l'incertezza sulle performance future dell'edificio, anche in funzione dei rischi derivati dal cambiamento climatico. Se, infatti, il panorama internazionale è costellato di esempi di progettazione rigenerativa a scala urbana, la fattibilità di operare sul singolo edificio e capire come possa partecipare al processo rigenerativo rafforzando la resilienza, è meno definibile, soprattutto se si considera anche che il sistema più è circoscritto, più sussidi richiede, perché troppo piccolo per auto-sostentarsi.

L'ambiente costruito così regolato contribuisce al miglioramento sociale sviluppando un approccio partecipativo degli utenti, finalizzato al miglioramento della correlazione fra aspirazioni, bisogni e risultati progettuali, e potenziando il senso di appartenenza e identità nell'accrescere e supportare la vita in tutte le sue forme, attraverso una responsabile gestione della progettazione resiliente (fig.1).

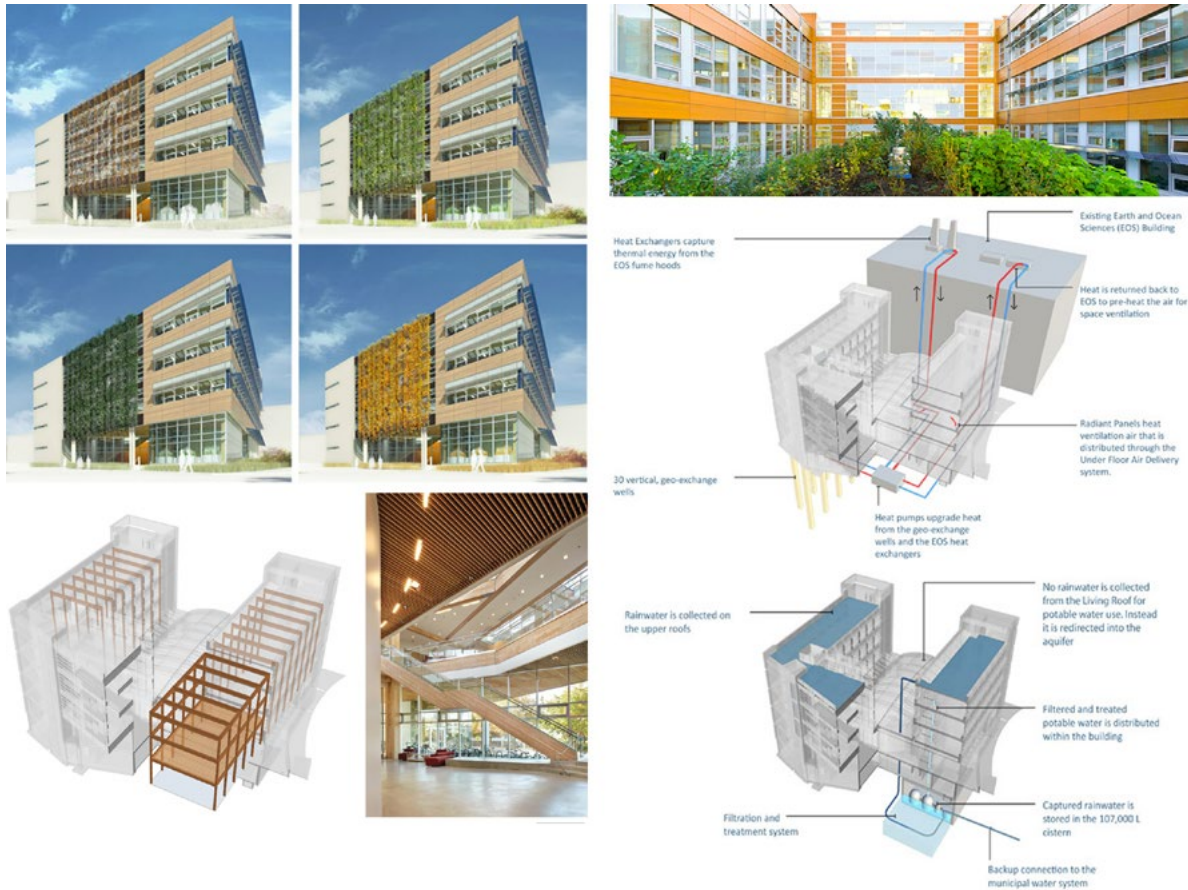


Figura 1. Studio del progetto di John Robinson (Perkins+Will) per l'Edificio CIR per il Campus della British Columbia University di Vancouver Canada (rielaborazione a cura di C. Trombetta, 2013).



Figura 2. Studio del progetto per un Centro sullo Sviluppo Sostenibile a Reggio Calabria (elaborazione a cura di C. Trombetta, 2010).

Bibliografia

AVE 2003 - G. AVE, *Sostenibilità ambientale e rigenerazione urbana*, Alinea, Firenze 2003.

COLE 2012 - R.J. COLE, *Regenerative Design and Development: current theory and practice*, in «Journal Building Research & Information», 2012, 40, Issue 1, pp. 1-6.

COLE 2013 - R.J. COLE, *Regenerative design, socio-ecological systems and co-evolution*, in «Journal Building Research & Information», 2013, 41, Issue 2, pp. 237-247.

COLE 2016 - R.J. COLE, *A hopeful change: embracing an ecological worldview*, in «Journal Building Research & Information», 2016, 44, Issue 4, pp. 456-460.

DIAS 2015 - B.D. DIAS, *Beyond Sustainability – Biophilic regenerative design in architecture*, in «European Scientific Journal», 2015, 11, Special Edition, pp. 147-158.

FOCÀ, LAGANÀ 2015 - A. FOCÀ, A. LAGANÀ, *Nuove responsabilità: ripensare alla rigenerazione*, in «TECHNE. Journal of Technology for Architecture & Environment», 2015, 10, pp. 179-185.

LYLE 2008 - J.T. LYLE, *Regenerative Design for Sustainable Development*, John Wiley & Sons, New York 2008.

MANG, REED 2012 - P. MANG, B. REED, *Designing from place: a regenerative framework and methodology*, in «Journal Building Research & Information», 2012, 40, Issue 2, pp. 23-38.

TROMBETTA 2013 - C. TROMBETTA, *Regenerative Design; Green strategy*, Video Messaggeri della Conoscenza, dArTe, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria 2013.

LA MEDITERRANEA VERSO IL 2030

Studi e ricerche sul patrimonio storico e sui paesaggi antropici, tra conservazione e rigenerazione



a cura di Marina Mistretta,
Bruno Mussari, Adolfo Santini

ArchistoR EXTRA



The Addition of Architectural Quality to the Built Environment in Structural Retrofitting Strategies

Alessandro Villari, Paola Danaro
avillari@unirc.it, paola.danaro@unirc.it

Italy has always lived with widespread seismicity, as demonstrated by the large number of documents describing the effects of ancient earthquakes in many geographical areas of our peninsula. However, even though today we have precise and detailed knowledge, every earthquake inevitably finds us unprepared. At every seismic stress, our building and infrastructure heritage always shows a considerable degree of vulnerability. The most recent earthquakes have caused 650 casualties and 60 billion euro worth of damages, creating a huge impact on the affected population and a severe blow to the country's economy. Events that each time confirm the inadequacy of seismic protection in our country, which fails to pursue an effective strategy to contain seismic risk within acceptable limits for a modern nation.

However, we have sufficient scientific knowledge to allow us to review the existing building stock through interventions of "structural retrofit" able to achieve the necessary resistance to withstand future seismic events that will occur in our country.

This article aims to clarify some aspects of the different types of "structural retrofit" and the quality that these interventions can activate even in cases of unqualified construction. The aim is to analyze a series of case studies that not only make up for the initial structural deficiencies, but which through a process of adding quality can positively transform the urban landscape of our cities, according to Agenda 2030 Objective 11: "Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable".

THE MEDITERRANEA TOWARDS 2030
STUDIES AND RESEARCH ON HISTORICAL HERITAGE AND
ANTHROPIC LANDSCAPES, CONSERVATION AND REGENERATION

www.archistor.unirc.it

ArchistoR EXTRA 6 (2019)

ISSN 2384-8898

Supplemento di ArchistoR 12/2019

ISBN 978-88-85479-08-1

DOI: 10.14633/AHR200



Aggiunta di qualità architettonica all'ambiente costruito nelle strategie di *retrofitting* strutturale

Alessandro Villari, Paola Danaro

L'Italia è un Paese caratterizzato da una diffusa sismicità, com'è evidenziato dal gran numero di documenti che descrivono gli effetti di antichi terremoti in molte aree geografiche della nostra penisola. Le indagini storiche e di archivio hanno consentito di conoscere quanti terremoti hanno interessato quelle regioni e quanto sono stati forti. Dallo studio e dall'analisi di queste testimonianze è emerso che sono molto numerosi i centri abitati la cui storia urbana e architettonica è stata fortemente influenzata da disastri sismici, e alcuni sono stati distrutti e ricostruiti più di una volta. Se si prende in esame solo il periodo dell'Unità d'Italia, si osserva che si sono verificati numerosi terremoti superiori all'VIII° della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), in media uno ogni quattro-cinque anni. I recenti terremoti di inizio secolo hanno causato 650 vittime e 60 miliardi di danni, con un enorme impatto sulla popolazione e un duro colpo all'economia. Eventi che confermano ogni volta l'inadeguatezza della protezione sismica italiana, che non riesce a perseguire una strategia efficace per contenere il rischio sismico entro limiti accettabili per una nazione moderna¹.

La precarietà del patrimonio edilizio impone un ripensamento sull'attuale assetto delle costruzioni e sulla loro capacità di ricevere interventi in grado di ristabilire un nuovo equilibrio strutturale.

1. GUIDOBONI 2013.

Si tratta infatti di attivare una serie di azioni che, nel rispetto della qualità dell'architettura, siano idoneamente utili a migliorare il comportamento sismico degli edifici secondo la normativa vigente². Da anni, e da più parti, viene invocata la strada più rapida della demolizione dell'edilizia che non rispetta i requisiti minimi antisismici per evidenti deficienze strutturali. Tale via, certamente più risolutiva, è comunque solo l'ennesimo pretesto per accantonare il problema e fare spazio a nuove economie per il mercato edilizio. A ben vedere la questione del recupero del patrimonio edilizio è stata più volte sollevata, con tempi e modalità diverse, in relazione allo stato degli edifici e alla loro adeguatezza di fronte alle nuove istanze della società in evoluzione. Dopo l'abbandono degli edifici dei centri storici e la grande campagna di demolizioni della prima metà del Novecento a favore della nuova edilizia ricca di maggiore comfort, è stato necessario riflettere sul grado di sicurezza sismica degli edifici pubblici e privati del nostro territorio.

Già dagli anni '90 si era manifestata la preoccupazione su quanto il patrimonio edilizio costruito dal secondo dopoguerra fino agli anni '70 esigesse interventi di recupero strutturale, funzionale, tipologico, tecnologico, impiantistico e formale. Difatti, il degrado e l'obsolescenza fisica e tecnologico-impiantistica degli edifici erano i responsabili di un consumo superiore al 40% delle risorse energetiche nazionali. Inoltre, visto il susseguirsi di eventi sismici catastrofici e l'evoluzione della normativa antisismica, è emersa l'urgenza del recupero di buona parte degli immobili che, come detto, non possiedono i requisiti minimi strutturali.

Nel marzo 2005 era stata pubblicata la classificazione dei comuni italiani secondo 4 classi di pericolosità sismica sulla base dell'intensità, la localizzazione e la frequenza dei fenomeni sismici del passato. Il risultato emerso è che gran parte dei comuni italiani circa il 50% sul territorio nazionale si trova in zone classificate sismiche³ (fig. 1).

2. Il primo vero miglioramento nella normativa italiana avviene a seguito del terremoto del 31 ottobre 2002, che determinò il crollo della scuola elementare di San Giuliano di Puglia, con il suo tragico bilancio di morte. Il provvedimento legislativo che ne seguì (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3274/03) produsse una normativa in linea con i criteri adottati dagli eurocodici, che non sostituì bensì affiancò la precedente norma, che poteva comunque essere ancora utilizzata. L'evoluzione della normativa portò in seguito alle NTC08, un testo finalmente molto avanzato che riflette le ultime conoscenze in materia. Tuttavia, anche in questo caso la sua obbligatorietà fu imposta solo dopo il forte terremoto che colpì L'Aquila nell'aprile del 2009. Nel 2018 sono state pubblicate le NTC18, che costituiscono una nuova versione della norma, ulteriormente aggiornata.

3. Con OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, emanata in seguito all'onda emotiva dovuta al terremoto del 31 ottobre 2002 in Molise, aggiornata al 16 gennaio 2006 con le indicazioni delle regioni, venivano delegati gli enti locali a effettuare la classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a edifici e persone a seguito di un eventuale terremoto.

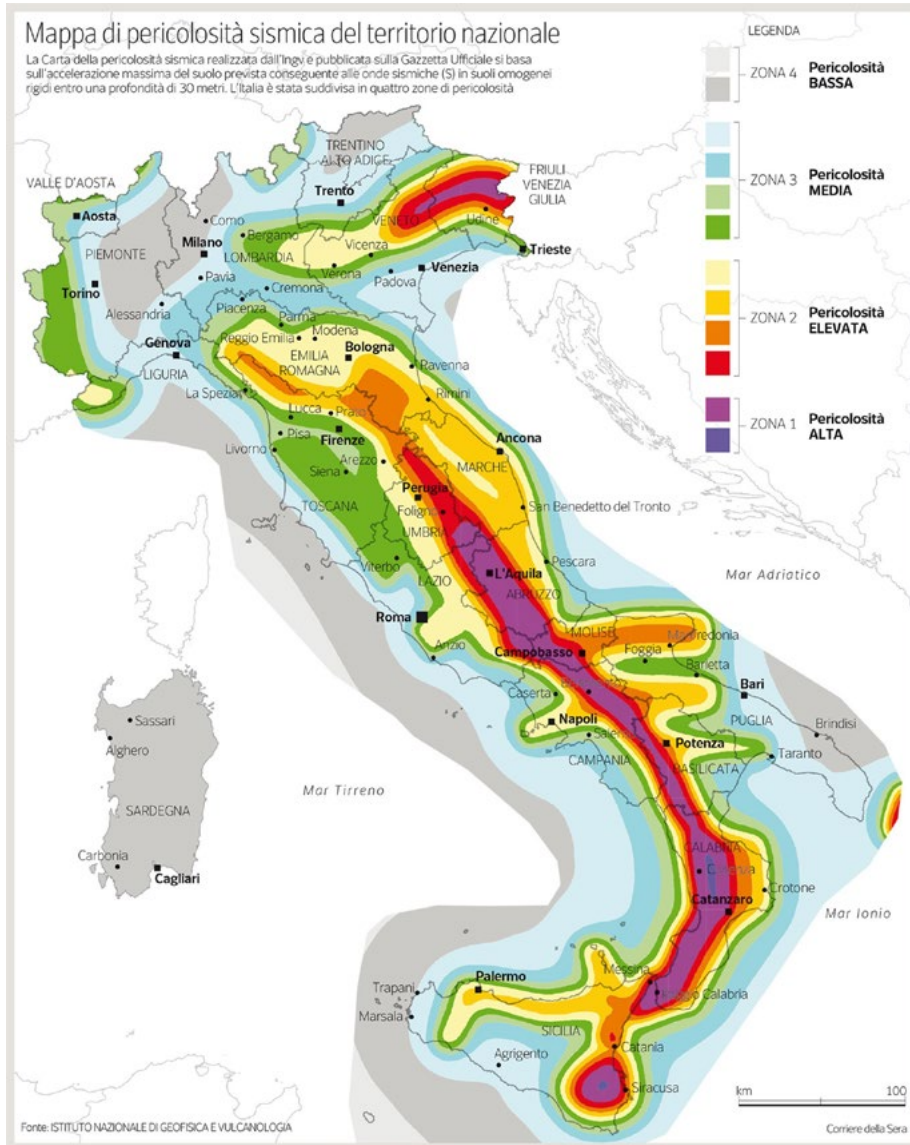


Figura 1. Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, <http://professionistiperroma.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2016/11/articolo-01-mappa-01.jpg> (ultimo accesso 12 febbraio 2019).

	2001		2011	
	migliaia	%	migliaia	%
Abitazioni esistenti	27.269	100,0	30.038	100,0
Interessate da riqualificazione nei precedenti 10 anni	11.871	43,5	17.613	58,6
- Impiantistica	9.729	35,7	12.524	41,7
- Strutture	1.833	6,7	2.756	9,2
- Estetica	7.825	28,7	9.214	30,7

Fonte: elaborazioni e stime CRESME su dati ISTAT Censimento 2001 e indagine alle famiglie 2012

Figura 2. Tabella CRESME relativa alle attività di riqualificazione nelle abitazioni al 2001 e al 2011 (elaborazioni e stime CRESME su dati ISTAT).

Da tempo si cerca di recuperare il principio di resilienza insito nell'architettura, per evitare continui processi di sostituzione integrale degli edifici e prolungarne il ciclo di vita. Contro la demolizione, la via progettuale è quella della conservazione e dell'adeguamento dell'esistente, con interventi che rappresentino una valida alternativa per la stabilità del territorio e del paesaggio delle nostre città. Gli edifici, benché in molti casi segnati da un'evidente e incombente vulnerabilità strutturale, hanno delineato il profilo delle città e molto spesso rappresentano dei *landmark* di riferimento e orientamento urbano. Risulta quindi necessario avviare dei processi che stabiliscano, in senso generale, gli obiettivi da applicare a tutta l'edilizia, sia quella comune sia quella di qualità.

Da un rapporto del CRESME del 2012 (fig. 2) risulta che "negli ultimi 10 anni il 58,6% delle abitazioni ha subito almeno un intervento di manutenzione straordinaria o di ammodernamento, impiantistico o edilizio. Si tratta di 17,6 milioni di abitazioni interessate, su un complesso di poco oltre 30 milioni di unità". A confermare, e sollecitare, l'impiego delle risorse nella riqualificazione immobiliare da parte delle famiglie vi sono diversi fattori: la vetustà del patrimonio edilizio e l'obsolescenza delle sue componenti, anche sugli edifici scolastici c'è un incremento esponenziale della spesa pubblica a favore di interventi su edifici esistenti e per nuove costruzioni, come si evince dal grafico del MIUR nella sezione "edilizia scolastica". Tuttavia, sebbene sussistano dati generali e stime percentuali degli interventi su immobili privati e pubblici e benché siano sempre più numerosi gli interventi di retrofitting strutturale non esiste, al momento, un censimento e/o dati di riferimento utili a valutare l'entità di tali interventi.

In Italia la sfida riguarda un immenso patrimonio pubblico e privato che versa in pessime condizioni di degrado e obsolescenza. A seguito del continuo susseguirsi di eventi sismici degli ultimi trenta anni, occorre intervenire su un numero elevato di edifici per ristabilire un nuovo equilibrio strutturale in modo organico e programmato, mettendo in campo interessi collettivi, sociali e politici, al fine di evitare catastrofi che segnerebbero i territori ancora una volta in modo indelebile. Si tratta in questa prospettiva di intervenire su circa 12 milioni di immobili che dovrebbero essere destinatari di opere di risanamento e messa in sicurezza statica. Con un coinvolgimento di una popolazione pari a circa 23 milioni di cittadini.

A seguito del terremoto dell'Aquila era stato emanato il Decreto Legge n. 39 del 2009⁴ per gli interventi urgenti e che fissava un fondo nazionale per il recupero strutturale e funzionale del patrimonio edilizio.

Il "retrofit" sismico

Per retrofit sismico s'intende un intervento rivolto a ridurre la vulnerabilità di una costruzione esistente a seguito di un terremoto⁵. Di solito è il risultato di un processo che, attraverso l'analisi e la valutazione della struttura, evidenzia le carenze che impediscono all'edificio di funzionare come richiesto dalle norme. L'intervento consiste, in generale, nell'affiancare e aggiungere alle strutture esistenti un surplus tecnologico strutturale collaborante che permetta di sostenere le spinte provocate da un eventuale sisma. Rispetto alla sostituzione *tout court*, questa alternativa apre molte prospettive, sia dal punto di vista dell'adeguamento strutturale degli edifici migliorando le caratteristiche prestazionali, sia da quello di riformulare una nuova estetica più contemporanea e sostenibile in linea con i modelli dell'abitare contemporaneo. Una pratica ormai in uso da molti anni, ma che stenta ad avviare una vera e propria rivoluzione all'interno delle nostre città.

Un retrofit sismico adeguato prevede la combinazione ottimale di tre caratteristiche distintive di una struttura: resistenza ultima, rigidità e capacità di deformazione. Gli interventi ricadono nelle seguenti categorie:

4. Decreto Legge 28 aprile 2009, n. 39 (in Gazzetta Ufficiale, serie generale, n. 97 del 28 aprile 2009), coordinato con la legge di conversione 24 giugno 2009, n. 77 (in questo stesso Supplemento Ordinario a pag. 1), recante: «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile».

5. CHARLESON 2008, pp. 187-205.

- migliorare la regolarità strutturale sia in pianta che in elevazione, per ottenere un'ottimale regolarità della distribuzione della rigidezza, della resistenza e della massa del sistema strutturale;
- aumentare la resistenza con il rinforzo degli elementi strutturali esistenti o l'aggiunta di nuovi elementi, come per esempio pareti di controvento in calcestruzzo armato o in acciaio. In questo modo aumentano sia la resistenza sia la rigidezza, mentre la capacità di deformazione rimane inalterata;
- aumentare la duttilità che è la capacità di deformarsi plasticamente oltre il limite elastico. Elementi strutturali fragili, come per esempio pannelli murari, possono essere resi maggiormente duttili mediante l'incollaggio di lamine in materiale composito. In questo modo la capacità di deformazione aumenta, mentre la resistenza ultima e la rigidezza rimangono quasi inalterate;
- ridurre la rigidezza di un sistema strutturale conduce a una diminuzione delle forze sismiche e a un simultaneo aumento della capacità di spostamento;
- aumentare lo smorzamento determina una riduzione delle azioni sismiche. Ciò si può ottenere attraverso l'impiego di dissipatori di energia aggiuntivi;
- ridurre la massa di un edificio conduce a una diminuzione delle forze d'inerzia e delle sollecitazioni sismiche. Si può ottenere rimuovendo alcuni dei piani più alti di una costruzione, oppure sostituendo elementi non strutturali pesanti con altri più leggeri.

La peculiarità dei singoli edifici esistenti, tuttavia, non consente di definire protocolli generali di progetto e quindi ogni intervento va considerato a sé stante. Quando il progetto di retrofit sismico comprende l'impiego di nuovi elementi strutturali esposti chiaramente alla vista, uno degli aspetti più importanti da considerare riguarda la sua interazione con la qualità architettonica della costruzione, che ne può risultare fortemente influenzata. Da questo punto di vista, lo sviluppo di un buon progetto di retrofit sismico deve riguardare non solo gli ingegneri strutturisti, ma anche gli architetti⁶.

Addizioni, esoscheletri e qualità dell'architettura

In molti casi gli interventi di retrofit sismico consistono nell'aggiunta di parti e nuovi corpi all'edilizia esistente (fig. 3). Dal punto di vista architettonico si configura come l'introduzione di elementi strutturali che attivano una nuova vita per l'edificio e cambiano le prospettive aggiungendo un'aliquota di plusvalenza strutturale non prevista all'epoca della sua costruzione. Tali addizioni sono state anche l'occasione per una riflessione, tutta interna al campo dell'architettura, sulle

6. COMERIO, TOBRINER, FEHERKAMP 2006.



Figura 3. Esoscheletro metallico antisismico intorno al parcheggio in cemento armato di Berkeley California. I controventi a X sul fronte della struttura sono stati aggiunti dopo il completamento dell'edificio per aumentare la resistenza alle azioni orizzontali, <https://miraimages.photoshelter.com/image/I0000npJsJdoH3Zw> (ultimo accesso 12 febbraio 2019).

modalità operative e sui risultati potenziali ottenibili. Molti studi sono stati avanzati con il termine “architettura parassita”⁷, al fine di attribuire una nuova categoria architettonica limitata all’addizione di parti o di interi volumi architettonici agli edifici. Una pratica che è sempre appartenuta alla storia e alla stratificazione fisica delle città. L’integrazione di piccole o grandi volumetrie (allargamenti, superfetazioni, riconversioni) è stata, nella cultura della città europea, sempre fondata sulla necessità di soddisfare mutate esigenze abitative soprattutto legate alle necessità funzionali e spaziali delle residenze. Si tratta di “sistemi incrementali”⁸ che hanno risposto alle esigenze di nuovi spazi, in aggiunta a quelli esistenti, e non sempre sono stati realizzati in continuità con i sistemi costruttivi presenti negli edifici.

In tal senso anche l’addizione di elementi strutturali collaboranti si può annoverare nel capo dell’architettura parassita. Si tratta di inserire-sovrapporre-accostare sistemi strutturali, anche diversi da quelli dell’edificio che li ospita (fig. 4), al fine di ristabilire quota parte degli equilibri mancanti. A queste strutture esterne o “esoscheletri”, come quelli nel mondo animale degli Artropodi, è affidato il compito di sorreggere l’edificio alle spinte sismiche restituendo nuove qualità spaziali, una mutata percezione degli edifici e nuove potenzialità del vivere lo spazio originario.

Esiste storicamente una evidente relazione tra la forma dell’architettura e la sua struttura e, in moltissimi casi, la struttura ha rappresentato la cifra di qualità dell’architettura (Nervi, Morandi, Musmeci). Il rapporto tra “forma” e “struttura” è sempre stato il risultato di una operazione complessa⁹ in cui tutti gli elementi in gioco sono chiamati a svolgere un ruolo importante e complementare al fine di ottenere la bellezza dell’architettura in accordo con le leggi della statica¹⁰.

Nel caso del retrofit strutturale antisismico questa interdipendenza si fa più evidente, in quanto è necessario che il nuovo esoscheletro collaborante sia in armonia con un disegno dell’architettura che lo ospita e che era stata progettata con altri intenti formali e funzionali. Le tecniche di addizioni di elementi strutturali all’edilizia esistente, per la riduzione della vulnerabilità strutturale dovuta ad azioni sismiche, sono diverse e aprono interessanti occasioni di progetto.

Una delle più diffuse è quella di inserire una protesi portante, *shear wall* o “esoscheletro”, con fondazioni autonome, tale da formare un sistema di setti ancorati alla struttura dell’edificio disposti secondo due direzioni ortogonali (fig. 5): un sistema di muri di rinforzo in setti di calcestruzzo o di

7. MARINI 2008.

8. ZAMBELLI 2004.

9. LENCI, CONSOLINI 2007.

10. CHARLESON 2015.



Figura 4. L'edificio della società Komatsu Seiren a Nomi, nella prefettura di Ishikawa, in Giappone, è la prima struttura di adeguamento sismico al mondo realizzata in fibra di carbonio ed è stata progettata dall'architetto giapponese Kengo Kuma, https://o.aolcdn.com/images/dims?quality=85&image_uri=http%3A%2F%2Fo.aolcdn.com%2Fhss%2Fstorage%2Fmidas%2Fba3ea58ffcebf92bc32db0113d45be1%2F203681121%2Fcabkoma-strand-rod.jpg&client=amp-blogside-v2&signature=58fae07d186b20f6743a2fd88abab18d3a824290 (ultimo accesso 12 febbraio 2019).

acciaio resistente al sisma, realizzato in funzione della capacità iniziale dello stabile nello stato di fatto, con l'obiettivo di sostenere le azioni prodotte dal movimento generale dell'insieme architettonico. Tale tecnica può non riguardare l'intero immobile, ma solo parti di esso; dunque la sua incidenza sull'edificio ha una elevata capacità di integrazione con la forma dell'architettura.

Un'altra tecnica prevede l'inserimento di una seconda parete a guscio (fig. 6) che avvolge l'intero edificio e che può essere dotata di aste controventate rigide o dissipative. Di fatto si tratta di una seconda pelle che riveste l'edificio e assegna nuovi valori semantici all'immobile. Tale intervento prevede una revisione morfo-tecno-tipologica del manufatto. La tecnica è di grande efficacia relativamente alla sismoresistenza dell'edificio, e dal punto di vista architettonico produce un impatto decisamente sostanziale che può diventare una buona occasione di ridisegno della facciata, permettendo inoltre l'ampliamento o l'aggiunta di altre funzioni necessarie. Si tratta a tutti gli effetti di una seconda pelle che rimodella il rapporto tra interno ed esterno, con la potenzialità di aumentare il comfort abitativo.

Esperienze significative di retrofitting e di aggiunta di una nuova pelle nel recupero dell'edilizia a fine ciclo sono state già sperimentate a partire dagli anni '90, con l'obiettivo di prolungare la vita di edifici ormai in disuso ed evitare i costi energetici e ambientali di una eventuale demolizione (architetto Per Krusche, Monaco di Baviera e architetti Lacaton e Vassal, Parigi). Tali interventi di recupero e trasformazione sono sempre stati di grande interesse tecnologico, senza mai escludere la centralità del progetto architettonico, e sono stati realizzati per migliorare anche il comfort, la luce

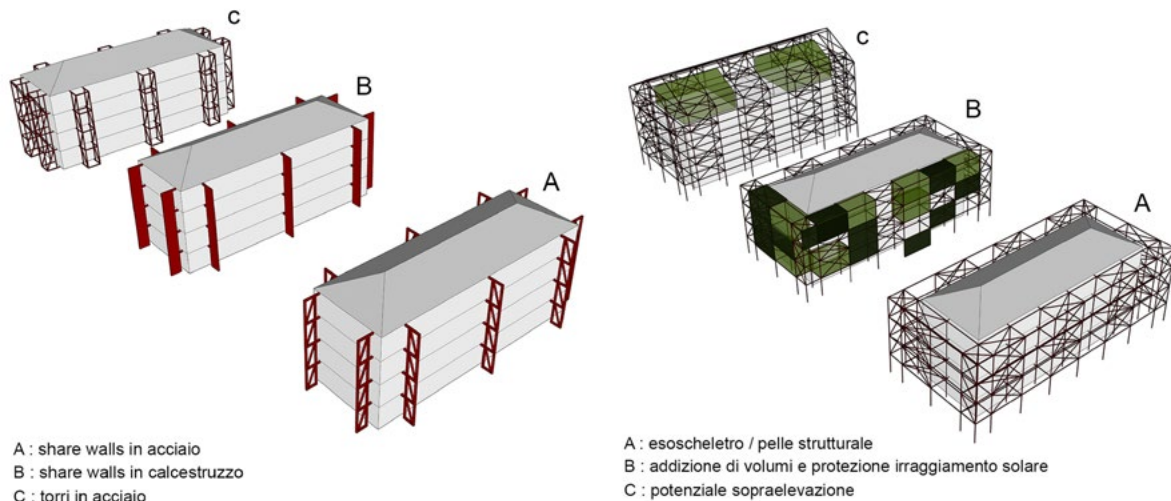


Figure 5-6. Schemi elementari per il retrofit sismico (elaborazione a cura di A. Villari).

naturale e la vista dagli appartamenti, con una riduzione significativa dei costi energetici secondo le moderne prospettive di sostenibilità ambientale.

Conclusioni

La quantità di interventi realizzati anche in Italia lasciano ben sperare che si avvii una stagione di recupero e riuso del patrimonio edilizio, promuovendo una nuova cultura in riferimento a processi di progettazione integrata con competenze disciplinari diverse, dalla scala del singolo edificio alla scala del paesaggio urbano. Le criticità e precarietà dell’edilizia diffusa possono essere considerate una risorsa per rinnovare i tessuti urbani con interventi coordinati ed interscalari, in cui il senso della responsabilità e della prevenzione siano i propositi a cui tendere per garantire elevati livelli prestazionali in linea con le esigenze collettive, sociali e normative. Il retrofit strutturale è oggi un complesso sistema di tecniche capaci di prolungare il ciclo di vita degli edifici e che, se sostenuto da opportuni processi di “restyling architettonico”, può riformare il paesaggio delle città verso una dimensione più sostenibile, riducendo gli impatti e i costi relativi a tutti i processi ed interventi di dismissione e/o demolizione edilizia.

Bibliografia

GUIDOBONI 2013 - E. GUIDOBONI, *Terremoti e città, la catena dimenticata delle distruzioni e delle ricostruzioni*, in E. GUIDOBONI, G. VALENSISE (a cura di), *L'Italia dei disastri: dati e riflessioni sull'impatto degli eventi naturali 1861-2013*, Bonomia University Press, Bologna 2013, pp. 243-278.

CHARLESON 2008 - A. CHARLESON, *Seismic design for architects*, Elsevier, Oxford (UK) 2008.

CHARLESON 2015 - A. CHARLESON, *Structure as Architecture*, Routledge, London 2015.

COMERIO, TOBRINER, FEHERKAMP 2006 - M.C. COMERIO, S. TOBRINER, A. FEHERKAMP, *Bracing Berkeley*, PEER, University of California, Berkeley 2006.

LENCI, CONSOLINI 2007 - S. LENCI, L. CONSOLINI, *Percorsi per un metodo progettuale tra forma e struttura*, Aracne, Roma 2007.

MARINI 2008 - S. MARINI, *Architettura parassita. Strategie di riciclaggio per la città*, Quodlibet Studio. Architettura, Ascoli Piceno 2008.

ZAMBELLI 2004 - E. ZAMBELLI (a cura di), *Ristrutturazione e trasformazione del costruito*, Il Sole 24 ore, Milano 2004.