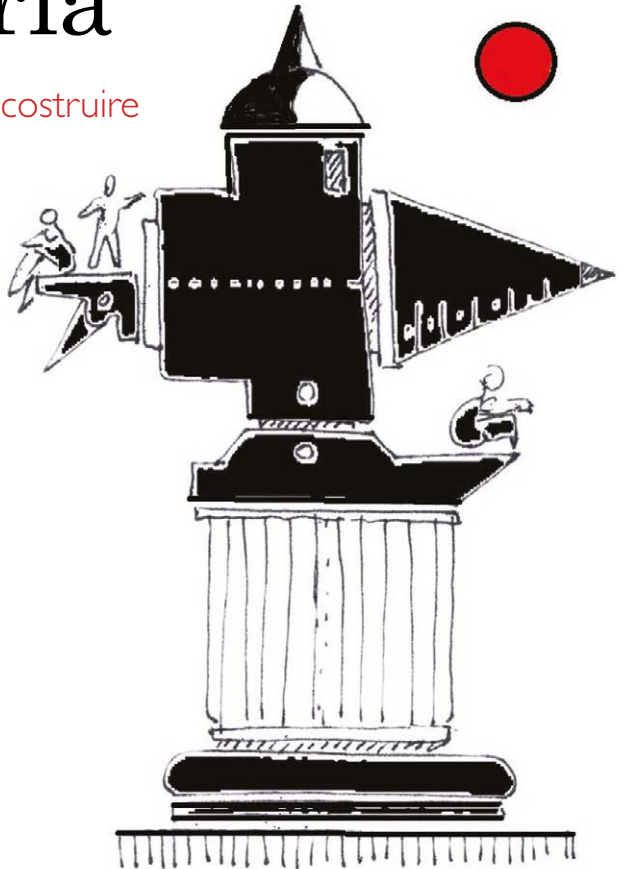


Riccardo Gulli

FI
FI
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

■ Tempo e materia

Per un'etica del costruire



STUDI E SAGGI

ISSN 2704-6478 (PRINT) - ISSN 2704-5919 (ONLINE)

Riccardo Gulli

Tempo e materia
Per un'etica del costruire

FIRENZE UNIVERSITY PRESS
2025

Tempo e materia : per un'etica del costruire / Riccardo Gulli. – Firenze : Firenze University Press, 2025.

(Studi e saggi ; 264)

<https://books.fupress.com/isbn/9791221507478>

ISSN 2704-6478 (print)

ISSN 2704-5919 (online)

ISBN 979-12-215-0746-1 (Print)

ISBN 979-12-215-0747-8 (PDF)

ISBN 979-12-215-0748-5 (ePUB)

ISBN 979-12-215-0749-2 (XML)

DOI 10.36253/979-12-215-0747-8

Graphic design: Alberto Pizarro Fernández, Lettera Meccanica SRLs

Front cover image: Riccardo Gulli, *Target point*. Inchiostro su carta, 2023. © Riccardo Gulli

Peer Review Policy

Peer-review is the cornerstone of the scientific evaluation of a book. All FUP's publications undergo a peer-review process by external experts under the responsibility of the Editorial Board and the Scientific Boards of each series (DOI 10.36253/fup_best_practice.3).


Referee List

In order to strengthen the network of researchers supporting FUP's evaluation process, and to recognise the valuable contribution of referees, a Referee List is published and constantly updated on FUP's website (DOI 10.36253/fup_referee_list).

Firenze University Press Editorial Board

M. Garzaniti (Editor-in-Chief), M.E. Alberti, F. Vittorio Arrigoni, E. Castellani, F. Ciampi, D. D'Andrea, A. Dolfi, R. Ferrise, A. Lambertini, R. Lanfredini, D. Lippi, G. Mari, A. Mariani, P.M. Mariano, S. Marinai, R. Minuti, P. Nanni, A. Orlandi, I. Palchetti, A. Perulli, G. Pratesi, S. Scaramuzzi, I. Stolzi.

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

 The online digital edition is published in Open Access on www.fupress.com.

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>). This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

© 2025 Author(s)

Published by Firenze University Press

Firenze University Press

Università degli Studi di Firenze

via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy

www.fupress.com

This book is printed on acid-free paper

Printed in Italy

Sommario

Introduzione	7
CAPITOLO 1 Dati e modelli	19
CAPITOLO 2 Efficienza	33
CAPITOLO 3 Vetustà	45
CAPITOLO 4 Densità abitativa	53
CAPITOLO 5 L'energia <i>non</i> è al primo posto	67
CAPITOLO 6 Riquilibrare vs ricostruire	95
CAPITOLO 7 La variabile tempo	101
CAPITOLO 8 Involucro edilizio	113
CAPITOLO 9 Per un'etica del costruire	127
Riferimenti bibliografici	157
Indice dei nomi	169



Riccardo Gulli, *Greenway 96*. Tecnica mista, 2025. © Riccardo Gulli

Introduzione

Il presente saggio affronta la tematica della riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale seguendo la struttura narrativa dell'argomentazione critica con finalità anche divulgative. Per tale ragione è inquadrabile come contributo complementare alla pubblicistica specializzata del settore, a cui si rimanda nella corposa sezione dei riferimenti in nota.

Il primario intento è infatti quello di indagare alcuni presupposti concettuali che informano gli indirizzi di ricerca, non sempre di interesse per l'attuale sistema di accreditamento scientifico, più incline a valutare le metodiche di indagine riferite ad aspetti singolari e circoscritti, che a sondare la natura degli assunti generali su cui si fondano.

La prima annotazione riguarda la centralità oggi riservata alla questione energetica come fattore preminente nella definizione delle soluzioni di intervento sul patrimonio edilizio esistente. «L'energia è al primo posto» rappresenta infatti il presupposto che guida la visione strategica e l'impianto teorico adottato a scala sovranazionale da tutte le direttive del parlamento europeo e del consiglio, (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), compresa l'ultima 1275/2024, correntemente denominata "Case green".

Un indirizzo segnato dall'aver posto il tema della 'povertà energetica' come un fattore dirimente delle condizioni di disuguaglianza

tra le fasce sociali della popolazione e al quale si correlano anche gli obiettivi di salvaguardia ambientale finalizzati ad un abbattimento delle emissioni di CO₂ mediante una riduzione dei consumi energetici.

La tesi che viene qui sostenuta è che la questione energetica, seppure di indubbia rilevanza, non debba prevalere rispetto agli altri fattori che determinano la funzionalità di un edificio, in quanto la condizione di efficienza energetica è solo espressione di un indicatore prestazionale e non rappresenta una priorità nella più ampia valutazione dei costi-benefici di un intervento edilizio.

In altri termini, ciò che è avvenuto in questi ultimi venti anni, ovvero da quando sono diventati cogenti gli indirizzi politici e normativi sovranazionali come le varie EPBD di cui detto, il focus che riguarda il settore delle costruzioni è stato principalmente incentrato sul binomio consumi-impatti in chiave energetica, correlandolo ad un modello teorico di edificio improntato al rispetto di alcuni requisiti fondativi quali: la ridotta densità materica (leggerezza), alte prestazioni termiche dell'involucro edilizio (iper-isolamento), assemblaggio a secco (riciclabilità e riuso dei materiali), condizione adiabatica (sigillatura e Ventilazione Meccanica Controllata), uso di fonti energetiche rinnovabili (pompe di calore e fotovoltaico). Un modello che si è consolidato in contesti differenti da quello italiano, specificatamente nei paesi d'oltralpe, ma che, soprattutto, si dimostra impraticabile se tradotto nell'ambito degli interventi sulla maggior parte del patrimonio residenziale esistente.

Al fine di sgomberare il campo da possibili fraintendimenti, la posizione critica che viene qui esposta non è dunque mirata a porre in discussione il correlato disposto tra consumi energetici ed impatti, che si traduce negli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ e che è a fondamento di questo indirizzo strategico, ma sull'efficacia di alcune azioni che vengono promosse per conseguire tali obiettivi.

La disamina prende le mosse da alcuni semplici interrogativi, a partire da quale sia il grado di accuratezza di alcuni indicatori che vengono normalmente impiegati a sostegno delle misure da adottare nel settore dell'edilizia per la riduzione delle emissioni di CO₂ e dei relativi costi-benefici attesi.

A parte la formula di rito riferita in qualsiasi consesso e contesto, che il comparto delle costruzioni sia responsabile del 40% dei consu-

mi e del 36% delle emissioni degli stati membri dell'Unione Europea – dato che è rimasto inalterato nella sua formulazione in tutte le stesure delle EPBD, ovvero da oltre venti anni e dunque sorprendentemente impermeabile agli evidenti processi trasformativi ed evolutivi di ordine strutturale che si sono verificati in questo ampio lasso di tempo – sarebbe opportuno chiedersi e magari avere riscontro, quali sia stati i reali benefici ambientali generati dalla più rilevante misura adottata dallo stato italiano con il Superbonus 110%.

Un interrogativo destinato però a rimanere inevaso perché i dati possono essere solo presunti, con un elevato grado di indeterminazione conseguente alla incertezza delle ipotesi teoriche su cui si fondano i modelli di simulazione. Una stima, anche essa sommaria per le ragioni sopraesposte, ma correlata agli obiettivi dichiarati nel PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, Rapporto 2023) e al modello *cost-optimal* adottato, riferisce che la quota annuale di riduzione delle emissioni di CO₂ generata dalla misura operata su circa il 4% del patrimonio residenziale si aggiri intorno al 0,3% del volume complessivo delle emissioni prodotte in Italia da tutte le categorie produttive. Un risultato alquanto modesto o, meglio, quasi irrilevante, ma che, di contro, ha comportato una spesa di circa 34 miliardi/anno, ovvero circa dieci volte la cifra riservata nel bilancio annuale dello stato italiano per il comparto sanitario.

Se dunque il grado di efficacia delle misure è funzione della attendibilità dei dati su cui si fondano i modelli di analisi, appare necessario individuare quali siano gli indicatori più rilevanti per formulare soluzioni aderenti ai benefici attesi. Le caratteristiche tipologiche e costruttive che definiscono lo *status* del patrimonio costruito sono un primo fattore da considerare. Le valutazioni basate sulla classificazione energetica non sono significative per tale finalità, essendo, come detto, un prodotto di processi di simulazione sommari e fondati su altri parametri. L'unica fonte che viene assunta come riferimento è quella dell'I-STAT, ma che è rappresentativa solo per la catalogazione anagrafica.

Una conoscenza sistematizzata ed estesa della fisionomia tipologica e costruttiva del patrimonio edilizio italiano al momento non esiste. La sua utilità è invece fondamentale se il proposito è quello di adottare misure che investono la natura costitutiva di un edificio, la sua trasformazione fisico-materica.

Ciò induce a modificare il punto di vista, spostando la gerarchia di importanza dalle funzioni al contenitore, ovvero dalla valutazione delle prestazioni energetiche a quella della *vita utile* dell'edificio, sia per quanto attiene all'ambito degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, che per il comparto della nuova costruzione. Tale diversa prospettiva, espressione di una modifica del paradigma scientifico di riferimento, persegue i medesimi obiettivi di salvaguardia ambientale oggi prefigurati dalle politiche dell'Unione Europea, ma secondo una visione alternativa in termini di metodologie di indagine e soluzioni operative.

Ragionare in termini di *vita utile* significa infatti porre in prima evidenza due fattori: il *tempo* e la *materia*. Sono infatti questi i due caposaldi costitutivi che informano l'attività del costruire nel campo dell'edilizia ed hanno entrambi un riferimento diretto con il tema della sostenibilità ambientale.

Come noto, le metodologie di analisi in uso ormai da tempo per la valutazione degli impatti ambientali dei materiali da costruzione, da cui poi vengono derivate quelle sugli organismi edilizi, fanno riferimento al ciclo di vita dei prodotti (Life Cycle Assessment). Al di là della riconosciuta aleatorietà che caratterizza la formulazione degli EPD (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), il primario vulnus nell'applicazione di tale protocollo riguarda l'assunzione del Reference Study Period, come lasso temporale per confrontare le analisi comparative tra le differenti tipologie di edifici, ovvero stabilito con il valore standard dei cinquant'anni. Ma se assumiamo come valida la definizione di *vita utile* di un edificio come «il periodo entro il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione, senza necessità di ristrutturazioni o lavori significativi», come riportata in tutti i protocolli, allora tale indicatore teorico, oltre ad essere poco significativo, è foriero di un evidente errore nella formulazione dei costi-benefici attesi soprattutto per quanto riguarda gli interventi sul patrimonio esistente.

La condizione di vetustà ed obsolescenza strutturale che connota buona parte del patrimonio residenziale realizzato in Italia nel secondo dopoguerra, dagli anni Quaranta/Cinquanta fino ai primi anni Settanta del Novecento, è infatti il primo fattore che rende poco giustificabile l'attuale politica degli incentivi fiscali improntata sull'ipotetico miglioramento delle classi energetiche, espressione

di un indirizzo che intende privilegiare le situazioni più degradate perché ritenute quelle che meglio soddisfano gli obiettivi di riduzione dei consumi. Tale patrimonio, che ha già ampiamente superato la soglia della *vita utile*, anche quella standard sopracitata, richiede invece la messa in campo di un differente approccio nella valutazione dei costi-benefici, modulando la progressività della misura di incentivazione in relazione allo *status* di un edificio.

Su questo stesso presupposto si fonda anche la tesi della ridotta efficacia, ma soprattutto dell'inapplicabilità, dell'indirizzo prefigurato dall'ultima EPBD della UE riguardante la tipologia di intervento della 'ristrutturazione profonda', a cui è correlato il 'passaporto della ristrutturazione', e che viene considerata come la modalità operativa coerente con gli obiettivi di riduzione delle emissioni del patrimonio edilizio residenziale, ovvero di trasformazione dell'attuale fisionomia del patrimonio residenziale italiano in un modello edilizio a quasi zero energia.

Anche in questo caso l'osservazione critica non è mirata alla messa in discussione degli obiettivi, ma ai presupposti su cui tale impianto teorico si fonda, perché il raggiungimento di tali obiettivi di natura energetica ed ambientale possono essere perseguiti solo se si opera nel campo della nuova costruzione e che ciò induce a seguire un modello alternativo, basato sulla 'sostituzione edilizia', che tenga conto delle numerose variabili che concorrono alla fattibilità degli interventi, sul piano sociale, finanziario e normativo.

La rilevanza oggi accreditata al modello della 'riqualificazione edilizia', considerata la pratica più virtuosa soprattutto in termini di impatti ambientali, è in realtà primariamente subordinata alla possibilità di limitare gli interventi all'involucro, dunque senza interferenze con la funzionalità abitativa. È infatti indubbio che tale aspetto sia prevalente e anche decisivo nella gerarchia delle scelte, ma di contro, è oltremodo evidente che le dinamiche che regolano la vita delle città contemporanee, condurranno inevitabilmente, in una prospettiva di medio periodo, ad una trasformazione dei tessuti urbani per adattarli alla rapida evoluzione dei modelli abitativi.

In questo quadro si iscrive infatti il processo di crescita radio-centrica che ha connotato la formazione della maggior parte delle città italiane nel corso del secondo Novecento e per la quale oggi quasi il 70% della popolazione risiede in periferia ma con una condizione

anagrafica degli edifici che è inversamente proporzionale alla distanza dal centro. In altri termini, la prima cintura che avvolge la città antica, è quella in cui è presente la maggior concentrazione di edifici condominiali realizzati nel primo dopoguerra fino alla fine degli anni Sessanta, di elevato valore fondiario, ma ormai vetusti.

Ritenere che questa condizione rimanga inalterata per i prossimi decenni, come sostenuto dalle politiche di indirizzo promosse dalle Direttive Europee, che giustifica il modello della riqualificazione energetica in quanto questo patrimonio «sarà ancora in piedi nel 2050», corrisponde ad una visione che sconta un evidente grado di parzialità nell'analisi, come chiaramente espresso anche dall'indagine svolta dal Cresme nel 2021 a valle degli effetti del Super-Ecobonus che ha stimato un costo per gli interventi di riqualificazione energetica per lo Stato in meno di 6 €/kWh anno per l'involucro e di poco più di 2 €/kWh anno per gli impianti, che in termini temporali significa un *payback* finanziario di 68 anni per la riqualificazione delle facciate e 27 anni per il rinnovo dei generatori.

Se pertanto il principale focus di interesse per la valutazione degli impatti ambientali è rappresentato dalle città, per le evidenti ragioni correlate alla densità edilizia che le connota, i parametri che incidono sulle condizioni di esercizio degli edifici sono strettamente condizionati dalla mutazione nel tempo dei quadri esigenziali degli abitanti. L'andamento dei profili demografici e i cambiamenti negli stili di vita sono infatti due parametri che influiscono in maniera significativa sulla variazione del mercato immobiliare della residenza, non solo in termini reddituali ma anche e soprattutto per le caratteristiche tipologiche e dimensionali dell'abitazione.

Conseguentemente, la vetustà del modello di edificio condominiale degli anni Cinquanta-Sessanta del Novecento, sostanzialmente equivalente in tutto il territorio italiano perché un diretto derivato dell'applicazione di una 'edilizia da catalogo', non riguarda solo l'inadeguatezza normativa e prestazionale, ma anche quella tipologica e urbanistica. Un esempio paradigmatico è quello di Milano, che rappresenta l'apice e in generale un benchmark dei processi di rinnovamento nel nostro paese. L'attuale situazione demografica riferisce che il 57% della popolazione delle famiglie è monocomponente, con un incremento negli ultimi due anni di quasi il 50%, dal 40% del 2022.

Il rapporto ISTAT (2024, 5) *Previsioni della popolazione residente e delle famiglie*, stima che tra venti anni, nel 2043, quattro persone su dieci vivranno da sole e che di questa quota quasi il 60% sarà costituita da ultrasessantacinquenni.

Se tale dato viene incrociato con la fisionomia dell'appartamento tipo di un edificio residenziale di quegli anni, di pezzatura media che oscilla intorno ai 100 mq, si comprende come la questione sempre più significativa non sarà tanto e solo quella dell'efficienza energetica, ma soprattutto quella dell'adeguamento a standard abitativi che fanno riferimento ad un modello edilizio ormai desueto.

Ciò non riguarda solo la sfera della funzionalità d'uso ma anche quella delle condizioni di contesto, perché, come noto, gli effetti del surriscaldamento che oggi interessano i tessuti urbani ad alta densità abitativa, sono solo in parte addebitabili alle emissioni prodotte dagli impianti degli edifici, essendo queste strettamente dipendenti dall'elevata concentrazione delle superfici costruite in rapporto agli spazi a verde.

Ritenere che l'utilizzo delle fonti alternative come il fotovoltaico o le coperture/facciate/terrazzi inerbite sia una strada che possa mitigare tali effetti, si scontra con alcune semplici valutazioni di buon senso, mentre il vero tema che oramai non può essere procrastinato, è se e come sostenere un indirizzo alternativo a quello della riqualificazione energetica che sia incentrato sul modello della demolizione e ricostruzione, con specifico riferimento al patrimonio residenziale di scadente qualità edilizia ma di elevato valore fondiario, come quello localizzato nella prima cintura esterna alla città antica e che rappresenta una quota dell'ordine del 60-70% dell'intero patrimonio residenziale esistente, essendo stato realizzato nel periodo di massima espansione urbanistica ed economica dell'Italia del secondo dopoguerra.

Ma, oltre a questo, ampliando ulteriormente l'orizzonte, i nodi irrisolti che riguardano il patrimonio costruito del secondo Novecento, sono proprio riconducibili ad una condizione di criticità strutturale correlata a fattori primigeni come la mancanza al tempo di quadri regolamentari, sia di ordine urbanistico che di salvaguardia ambientale, che hanno favorito l'alterazione degli ecosistemi e che oggi sono i maggiori responsabili degli endemici fenomeni emergenziali di natura idrogeologica che interessano i centri abitati, soprattutto quando tale criticità si combina con una amplificazione dell'intensità degli

eventi metereologici. Una condizione che, secondo il rapporto BES (Benessere Equo e Sostenibile) dell'ISTAT del 2021, è bene rappresentata dalla media delle abitazioni abusive che in Italia ammonta a circa il 15% di quelle autorizzate, con valori che raggiungono anche il 40% nelle aree del meridione, ovvero 4 su 10.

In questo quadro, si crede sia legittimo interrogarsi se la questione energetica sia la prima istanza da risolvere, o se invece vada inquadrata come un derivato di una più ampia strategia intesa a favorire una trasformazione dei territori, anche attraverso la pratica della demolizione e ricostruzione del patrimonio edilizio obsoleto e non tutelato. Un problema complesso che, come tale, non si presta ad esser affrontato con ricette semplici.

Come evidenziato nell'incipit, questo saggio esprime un punto di vista e formula alcune considerazioni di principio, da cui discendono le metodiche di indagine e le relative modalità operative riportate nell'ultima sezione. In questo quadro sono sicuramente maggiori le incertezze conseguenti all'ampiezza della tematica, che i punti fermi. Ma di questi almeno due sono centrali per l'indirizzo teorico qui assunto.

Il primo riguarda la fisionomia che connota il patrimonio edilizio italiano. Circa il 60% è stato costruito dopo il 1950. In circa 70 anni si è costruito più di quanto realizzato nei precedenti 2000 anni. Circo-scrivendo l'analisi al patrimonio residenziale, circa 4 milioni di edifici, ovvero più del 30% dell'intero volume che oggi ammonta a 12 milioni, sono stati costruiti nelle due decenni comprese tra gli anni Cinquanta e gli anni Settanta e la cui fisionomia costitutiva è espressione della *smaterializzazione* dell'organismo edilizio che si è prodotta a valle dell'introduzione dei processi industrializzati di materiali e componenti.

A differenza da quanto rappresentato dalla città storica e dagli edifici in struttura muraria portante, dove la natura materiale è identificativa di una durata indeterminata, buona parte di questo patrimonio del secondo Novecento è per tale ragione destinato, inevitabilmente, ad una rapida obsolescenza, soprattutto in termini di integrità dello scheletro strutturale per i bassi valori di resistenza meccanica del calcestruzzo. Tutto ciò, seppure ampiamente risaputo ed anche condiviso, viene considerato come una problematica irrisolvibile per estensione, complessità ed onerosità. Su questo non si può che convenire ma con una riserva che riguarda la possibilità di adottare un diverso approc-

cio nella modulazione dei benefici fiscali previsti dalle attuali politiche di indirizzo pubblico mediante un sistema di classificazione basato sullo ‘*status* dell’edificio’ in alternativa a quello in uso della condizione energetica e con una gradualità nell’entità dei contributi al fine di favorire la sostituzione edilizia per le classi più basse.

Un indirizzo che sul piano operativo richiede la messa in campo di metodologie e strumenti finalizzati a fornire una catalogazione digitale della consistenza del patrimonio costruito e basato sull’identificazione della *vita utile* come parametro dal quale far discendere l’efficacia delle misure in termini di costi-benefici attesi. Un cambio di paradigma che oggi è reso possibile dallo straordinario sviluppo dei sistemi informativi che si è generato con l’ingresso dell’Intelligenza Artificiale e che consente di connettere un set esteso di informazioni testuali, definito tramite il Machine Learning, con quelle iconografiche derivate dai sistemi di riconoscimento dei caratteri fisici di un oggetto.

Tale passaggio concettuale e applicativo, è a fondamento di uno sviluppo della conoscenza in grado di utilizzare le potenzialità combinatorie della macchina sia a supporto dell’attività di indagine conoscitiva sul patrimonio esistente, sia nella successiva fase di identificazione degli ‘archetipi digitali’, ovvero di un modello digitale semplificato dell’edificio oggetto di indagine che consente di identificare tutti i caratteri che si ritengono necessari per definirne lo *status* e di effettuare simulazioni di ordine prestazionale. In questo dominio si collocano le attività di ricerca e che, come detto, sono oggetto di un differente livello di trattazione scientifica nei canali della pubblicistica specializzata di settore e citata nei riferimenti in nota.

Ciò si correla anche ad un secondo punto fermo. La definizione della *vita utile* di un edificio è alla base anche delle valutazioni su quale sia il modello costruttivo più aderente ai requisiti oggi posti dalla tematica della sostenibilità di processo e di prodotto nel campo dell’edilizia. Come riferito sopra, gli edifici assemblati a secco, iper-isolati e leggeri, corrispondono al tipo edilizio indicato nei protocolli delle direttive UE e nei bandi di progettazione, in quanto, essendo fondato sul principio del disassemblaggio, del riciclaggio e della bassa densità materica, viene ritenuto il più efficace in termini di riduzione del binomio consumi-impatti. Una visione che non contempla, all’interno di questo quadro essenziale e prestazionale, il ‘fattore temporale’.

Per tale ragione, l'interrogativo che viene posto in questo saggio è se la valutazione della sostenibilità debba essere parametrata anche in funzione della *vita utile* di un edificio, oppure se sia una variabile indipendente e solo funzione degli indicatori ambientali fissati dalle certificazioni di prodotti e componenti e da cui discendono le metodologie di calcolo LCA correlate alla stima del GWP (Potenziale di Riscaldamento Globale). L'interrogativo è legittimo perché nonostante il requisito della durabilità dei materiali sia stato introdotto nell'ultima versione del regolamento sui prodotti da costruzione (CPR), rimane ancora aperta la questione del grado di soggettività delle procedure di calcolo dell'LCA nel considerare l'incidenza dei cicli manutentivi che definiscono la *vita utile* dell'intero organismo edilizio in relazione alle differenti tipologie costruttive e condizioni d'uso.

Gli esiti di alcuni studi su questa tematica, riferiscono che la soglia temporale della *vita utile* e delle relative attività manutentive dell'edificio, rappresenti un fattore prevalente nel calcolo degli impatti ambientali e che conseguentemente, a differenza di quanto generalmente sostenuto, l'impiego di soluzioni massive (inerziali) quale la tipologia costruttiva in scheletro di calcestruzzo cementizio armato e tamponamenti pesanti in laterizio, costituisca oggi la soluzione tecnologica più efficace in termini di GWP, oltre ai requisiti di economicità, se riferita ad una soglia temporale di cento anni. L'adesione al modello dell'edificio pensato per una *vita utile di almeno cento anni*, si sposa anche con il principio dell'indipendenza tra parte edile e apparato impiantistico, secondo una logica scandita dal diverso grado di obsolescenza che li connota e dei relativi processi manutentivi a cui sono soggetti.

Una visione che contrasta con gli indirizzi oggi assunti dalle Direttive Europee e anche da gran parte della comunità scientifica, per le quali, come ad esempio riferito nelle linee guida del recente bando di progettazione per l'edilizia scolastica finanziato con i fondi PNRR, sono le costruzioni leggere in legno quelle che vengono ritenute le più rispondenti ai requisiti di sostenibilità ambientale e di durabilità. Un auspicio che si spera venga soddisfatto ma su cui si avanza qualche riserva, dato che, con il medesimo finanziamento PNRR, sono stati finanziati anche i costi di demolizione di un primo lotto del comparto residenziale realizzato all'Aquila a seguito del terremoto

del 2009 con il progetto C.A.S.E. in strutture prefabbricate in legno e che oggi, a distanza di poco più di venti anni, versa in condizioni di avanzato degrado.

In sintesi, declinare gli obiettivi della sostenibilità ambientale in termini di *durabilità-densità* invece che nel binomio consumi-impatti, induce a adottare una chiave interpretativa alternativa alla visione che oggi guida l'indirizzo sulle politiche energetiche legate all'edilizia e alle relative filiere tecnologiche.

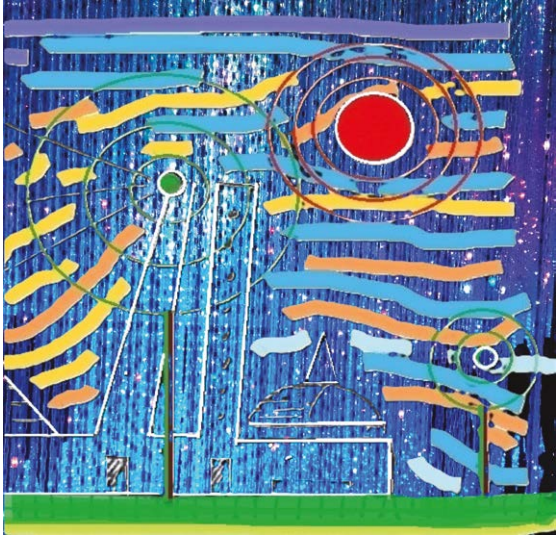
Significa sostenere che, se un edificio, specificatamente di tipo residenziale, ha una fattura costruttiva formata da un ridotto numero di materiali e componenti ma al contempo durevoli, è un modello edilizio maggiormente rispondente ai criteri di sostenibilità ambientale rispetto a quello improntato sui principi dell'assemblaggio (costruzione a secco), della leggerezza (stratificazione dei materiali a bassa densità) e del riuso (dei componenti).

Significa soprattutto adottare un atteggiamento maggiormente consapevole di quali siano gli orizzonti di senso del nostro agire all'interno di un ecosistema connotato da una notevole complessità ma al contempo segnato da alcuni principi e presupposti fondativi correlati alla specificità dei luoghi, alla loro storia materiale, alle caratteristiche dei contesti sociali e culturali che ne hanno prodotto la genesi.

Ragionare in termini di *vita utile entro una soglia di almeno cento anni* è in questo senso un presupposto figlio di una condizione che ha storicamente connotato la fisionomia costruttiva nel nostro paese e per il quale, l'argilla, è sempre stato il primo materiale utilizzato.

In quest'ottica, prefigurare quali saranno i modelli abitativi tra cento anni è una operazione ad elevato grado di aleatorietà, mentre più semplice è constatare che l'identità del nostro patrimonio costruito è rappresentato proprio dall'essere espressione di una storia millenaria, la cui stratificazione nel tempo ha generato le forme urbane attuali, dai centri ai borghi, adattandosi al progresso tecnologico e alle dinamiche evolutive dei modelli socioeconomici delle diverse epoche.

È indubbio che ciò è stato reso possibile dall'impiego di principi e regole incentrate sul binomio *tempo e materia, durabilità e densità* e che sono a fondamento di un indirizzo che pone l'etica del costruire' come primario obiettivo da perseguire.



Riccardo Gulli, *Blue Cloud*. Tecnica mista, 2025. © Riccardo Gulli.

Dati e modelli

L'*incipit* più ricorrente nella scrittura dei paper scientifici riguardanti le tematiche sull'efficiamento energetico degli edifici è il seguente: «Gli edifici sono responsabili del 40% del consumo finale di energia nell'Unione». Tale dato viene infatti considerato come una verità incontrovertibile in quanto riportato nella premessa di tutte le direttive del parlamento europeo e del consiglio, (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD), compresa l'ultima 1275/2024, correntemente denominata "Case green" e la cui origine viene ricondotta ad analisi commissionate dalla Commissione Europea e da altre agenzie come l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA)¹.

¹ «Queste cifre si riferiscono all'uso e al funzionamento degli edifici, includono le emissioni indirette nel settore dell'energia elettrica e termica ma non danno conto del loro intero ciclo di vita. Si stima che il carbonio incorporato nelle costruzioni sia responsabile di circa il 10% delle emissioni annue totali di gas a effetto serra nel mondo, cfr. IRP, Resource Efficiency and Climate Change, 2020, e Environment Emissions Gap Report 2019 delle Nazioni Unite». Questa nota è pubblicata nel rapporto *Un'onda di ristrutturazioni per l'Europa: invertire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita* (Commissione Europea 2020, 1, nota 2).

Appare però alquanto curioso notare che tale valore sia rimasto inalterato da oltre vent'anni, ovvero dalla prima EPBD 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia che recita al comma 6 (Unione Europea 2002):

L'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia della Comunità. Essendo questo un settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le sue emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare.

La profezia di un aumento in realtà non si è avverata, nonostante sia evidente che in questi venti anni vi sia stato un incremento del volume del patrimonio edilizio, oltre a quello dei consumi legati alla diffusione dell'impiego dei sistemi di aria condizionata², soprattutto negli ambienti di lavoro. Se ad esempio prendiamo solo i dati italiani, il tasso di crescita degli immobili nel solo decennio tra il 2001 e 2011 è stato pari al 13% (ISTAT 2011) (con un incremento nel solo 2008 di 320.000 nuove abitazioni, per cui cfr. Bellicini 2022) e nel 2023 è aumentato dello 0,7%, circa 482.000 unità in più del 2022 (cfr. Agenzia delle Entrate 2023, 6).

Come è dunque possibile che i consumi siano rimasti inalterati? Siamo certi che il dato sia corretto? I ricercatori, come detto, non si pongono il dubbio, lo assumono acriticamente visto che la insindacabilità delle fonti. La risposta ai due quesiti è in realtà piuttosto semplice e non riguarda solo questi due interrogativi come vedremo.

Tale valore è infatti solo presunto e deriva da una serie di analisi che si basano su altri dati che sono anche questi presunti, ovvero frutto di simulazioni formulate attraverso l'applicazione di raffinati modelli matematici³. I valori assunti, che sono delle variabili di diversa

² Negli ultimi dieci anni, a fronte di una percentuale di abitazioni riscaldate cresciuta di poco, è invece la presenza di impianti di condizionamento a mostrare un aumento notevole: se nel 2013 non arrivavano al 30% le famiglie che ne erano dotate, nel 2021 la quota raggiunge il 48,8% (cfr. ISTAT 2022a).

³ Le emissioni e il consumo energetico degli edifici vengono calcolati utilizzando inventari di gas a effetto serra e proiezioni fornite dai paesi membri dell'UE. Gli inventari seguono le linee guida dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) per includere le emissioni dirette (da combustibili

natura ed entità, non sono dati reali ovvero realmente misurati, ma per la gran parte ipotizzati e forniti su base volontaria. Non possono essere misurati sia perché la maggioranza non sono disponibili, sia perché le condizioni descritte dai parametri sono oltremodo eterogenee e dipendenti dai vincoli di contesto.

Ad esempio. Dal 2009 è in vigore in Italia una certificazione dello stato di efficienza energetica di un immobile (ACE Attestato di certificazione energetica poi APE, Attestato di prestazione energetica dal 2015) redatta da tecnici registrati in appositi albi regionali e depositati in archivi regionali, la maggior parte dei quali sono ormai integrati con il catasto nazionale gestito da ENEA (SIAPE)⁴.

In un recente studio viene evidenziato come le stime svolte dall'ENEA sulla condizione energetica degli immobili in Italia siano affette da un errore alquanto significativo in quanto derivate da una analisi su un campione ridotto (affitto, vendita o ristrutturazione) e che si misura in uno scostamento, riferito alle solo unità residenziali, di oltre 26 punti percentuali rispetto a quanto desumibile dal SIAPE⁵.

Consequentemente, estendendo tale valutazione al dominio dell'intera Unione Europea, molto più complesso per numerosità e variabilità dei dati identificativi sugli edifici, si comprende facilmente quale sia la ragione dell'elevato grado di incertezza di tali stime. Peraltro, il dato relativo ai consumi si riferisce alla sola fase di esercizio

fossili usati negli edifici) e indirette (dalla produzione di elettricità e calore usati negli edifici) (cfr. <<https://www.eea.europa.eu/en>>).

⁴ Le province di Trento e Bolzano hanno un catasto separato. A settembre 2023 solo Sardegna e Campania non avevano ancora aderito al SIAPE. Cfr. de Blasio et. al. 2024, 6.

⁵ «In questo articolo, presentiamo un modello predittivo per determinare la classe energetica di tutte le porzioni di edifici in Italia. [...] Il nostro modello raggiunge una precisione del 37% nel prevedere correttamente la classe energetica. Consentendo un margine di errore di una classe (dove una “classe reale C” potrebbe essere erroneamente classificata come “B” o “D”), la precisione sale al 74%. Inoltre, applicando il nostro modello ai dati dell'unica altra fonte di dati regionali aperti, il Piemonte, si osserva una leggera diminuzione della precisione. Ciò evidenzia la presenza di eterogeneità regionale nelle normative che regolano gli APE, come rilevato anche da Loberto et al. (2023), che hanno analizzato un ampio dataset di annunci immobiliari sulla piattaforma Immobiliare.it, il più grande portale online italiano per i servizi immobiliari». Cfr. Braggiotti et. al. 2024, 29.

degli edifici, ovvero il riscaldamento, il raffrescamento, l'illuminazione e altri usi energetici operativi. Non include il consumo energetico legato alla costruzione e demolizione degli edifici ed è conseguentemente alquanto parziale per una valutazione complessiva dell'impatto generato dal settore delle costruzioni.

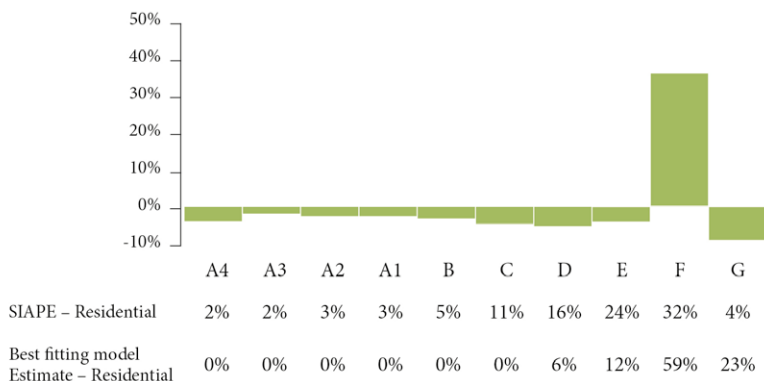


Grafico 1.1 – Deviazione standard con i valori riportati dalla banca dati SIAPE riferiti alla residenza a livello nazionale.

Tale aleatorietà nella determinazione dei consumi, in quanto, come detto, espressione di simulazioni svolte con modelli ingegneristici su campioni semplificati⁶, è ancora più significativa se riferita all'altro dato gemello che stima che gli edifici sono responsabili del «36% delle emissioni di gas a effetto serra associate all'energia» (Unione Europea 2024, comma 6).

⁶ Che definiscono l'indice di prestazione energetica globale (EPgl), determinato in kWh per mq, e formato da due componenti, energia non rinnovabile (EPgl, nren) ed energia rinnovabile (EPgl, ren). Il rapporto tra la componente non rinnovabile stimata rispetto all'indice di un edificio di riferimento con caratteristiche simili definisce la classe di efficienza energetica: se superiore a 1 più efficiente dell'edificio tipo (classe A1 in su); valori inferiori edifici meno performanti (fino alla classe G). Tale metodologia di stima non è diffusamente impiegata rispetto agli altri paesi europei, che definiscono la classe energetica sulla sola valutazione della prestazione dell'immobile considerato.

La sola dizione ‘emissioni di gas ad effetto serra’ significa riferirsi ad una dimensione fisica della realtà connotata da una complessità di variabili e di parametri ancora molto maggiore della precedente⁷. Per tale ragione, il dato che viene assunto come significativo in tutti gli studi che si occupano di efficienza energetica degli edifici riguarda la sola riduzione della CO₂, ovvero adottare misure che mirano alla decarbonizzazione.

Tale indirizzo risponde al presupposto che l’aumento della CO₂ sia uno dei primari fattori dell’aumento della temperatura. La disquisizione se ciò sia vero e soprattutto se ciò sia imputabile alle attività umane, è un ambito di confronto che esula dalle competenze scientifiche di chi scrive e pertanto in questo contesto ci si limita solo ad una breve considerazione sempre relativa all’impiego, talvolta parziale, dei dati.

Un dato che viene frequentemente citato dai sostenitori della fondatezza scientifica dell’aumento della temperatura per effetto dell’incremento dei valori della CO₂ dovuta al fattore umano, ovvero allo sviluppo industriale dal secondo dopoguerra in avanti, è che tale tesi sia sostenuta dal 97% degli scienziati. La cosa in sé non è particolarmente sorprendente, dato che la comunità accademica segue pedissequamente le dinamiche di accreditamento scientifico guidate dalle multinazionali dell’editoria a favore delle politiche ambientali promosse dagli organismi internazionali più influenti, in primis l’IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) dell’ONU, che sostengono tale tesi.

Ma se però andiamo alla fonte, tale dato è riconducibile a un paper edito più di dieci anni fa, su una rivista scientifica in cui sono stati analizzati circa 12.000 articoli scientifici pubblicati tra il 1991 e il 2011, quindi a partire da oltre trenta anni fa, in cui si fa menzione al tema del riscaldamento globale antropogenico (AGW) (Cook et. al. 2013).

⁷ I gas serra rilasciati in atmosfera di origine esclusivamente antropica come i clorofluorocarburi (CFC), i bromofluorocarburi (BFC) e molte altre sostanze le cui molecole contengono alogeni. I principali gas serra presenti nell’atmosfera terrestre sono il vapore acqueo (H₂O) per il 95%, l’anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O), il metano (CH₄) e l’esafluoruro di zolfo (SF₆) per il restante 5%.

Senza considerare che il campione per estensione e datazione sia poco rappresentativo⁸, la questione più rilevante è che il dato del 97% non è riferibile alla totalità degli autori ma a quella relativa alla quota del 14% di autori, ovvero 1189 sugli 8547 iniziali, che, in una seconda fase dell'indagine, hanno consentito di fornire una risposta puntuale sul tema dell'AWG e di tipo affermativo. Mentre il dato desunto dall'analisi abstract dell'intero campione riportava una percentuale di circa il 33% a favore dell'AWG mentre per circa il 66% non esprimeva una opinione.

Volendo interpretare tale dato secondo una formula diversa, anch'essa parziale, si potrebbe quindi affermare l'esatto opposto, ovvero che essendo il 97% del 14% del campione a favore dell'AWG, la quota che non sostengono la tesi dell'AWG è pari a circa l'87% dell'intero campione.

Se quindi da un lato tale tipo di informativa riflette una precisa strategia comunicativa basata su formule semplificate della realtà per orientare il consenso o il giudizio dell'opinione pubblica, dall'altra, ciò è anche espressione del nuovo paradigma scientifico che ha modificato radicalmente le metodologie di ricerca in questi ultimi trent'anni.

Il passaggio chiave è quello che a partire dagli anni Novanta del Novecento ha aperto il fronte al Machine Learning, che significa la possibilità di imparare dai propri errori o dagli esempi e quindi di strutturare una base di conoscenza su cui appunto ragionare. L'inizio dell'era del World Wide Web, nel 1994, ha permesso lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale secondo questo modello e fondato su tre regole: usare la statistica; impiegare dati esistenti sul web (*data informed*); osservare l'utente (cfr. Cristianini 2023, 44-7). Amazon è sta-

⁸ Secondo dati del 2022, il numero di articoli pubblicati e indicizzati nel database Web of Science ha superato i 2,5 milioni. Questo corrisponde a una media di oltre 6.800 articoli scientifici pubblicati ogni giorno. Nel periodo considerato dagli autori e riportato nell'articolo (Cook et. al. 2013, 5-6): «We address the issue of representativeness by selecting the largest sample to date for this type of literature analysis. Nevertheless, 11.944 papers are only a fraction of the climate literature. A Web of Science search for 'climate change over the same period yields 43 548 papers, while a search for 'climate' yields 128.440 papers. The crowd-sourcing techniques employed in this analysis could be expanded to include more papers».

to il capofila di tale indirizzo, quello oggi diffusamente in uso e che riguarda la profilazione del cliente mediante l'impiego di un algoritmo predittivo in un ambiente formato da utenti umani ma che non è animato da regole esplicite (comprensione dei clienti o dei contenuti) in quanto dipendente solo da relazioni statistiche individuate all'interno di un grande data base delle transazioni passate.

In sostanza un modello di conoscenza capace di prevedere soluzioni appropriate in situazioni nuove e fondato sulla base di esperienze acquisite. Questo può essere considerato come un passaggio essenziale che apre la strada ad un nuovo paradigma scientifico seguendo la stessa definizione formulata da Thomas Kuhn⁹.

Quando nel lontano 2008 venne pubblicato su *Wired* il noto post di Chris Anderson (2008) dal titolo "The End of Theory: The data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete", questo modello si era già affermato nel mondo della ricerca come espressione dell'inutilità della teoria in nome dell'apprendimento automatico, ovvero della necessità di sostituire i modelli teorici con regolarità statistiche desunte dai dati già presenti in natura, tra cui naturalmente, ed in primis, quelli già disponibili nel web.

Ma come acutamente rilevato da Silvano Tagliagambe (2024, 25):

i modelli non sono che approssimazioni grossolane alla verità, caricature di una più complessa realtà sottostante, utili agli scienziati per visualizzare nella loro mente i fenomeni studiati ma tutt'altro che indispensabili. Sulla base di queste premesse si arriva a ipotizzare una ormai prossima rivoluzione scientifica, quella derivante

⁹ Il paradigma è qui inteso come un modello (un caso di successo) da imitare ed è rappresentativo non solo dello stato dell'arte raggiunto da una determinata comunità scientifica su quel dato problema/argomento ma anche di altre forme di conoscenza implicita: l'obiettivo perseguito, le modalità con il quale perseguirlo, come identificare una soluzione valida, le condizioni di legittimità di una teoria. La teoria quantistica è un altro esempio emblematico di cambio di paradigma che non inficia la meccanica classica ma ne amplia gli orizzonti oltre il campo del visibile. Secondo Thomas Kuhn (2009), lo sviluppo della conoscenza in un dato ambito della scienza non segue infatti uno sviluppo lineare ma è soggetta a variazioni che possono essere anche improvvise generando appunto un cambio di paradigma rispetto alla condizione di 'scienza normale'.

dalla possibilità di fare scienza attraverso la sola analisi dei dati. Si tratterebbe di un quarto paradigma in ordine di tempo da aggiungersi a quelli che si sono fin qui succeduti: il metodo sperimentale, quello teorico matematico e quello computazionale, basato sulle simulazioni numeriche [cfr. Hey, Tansley, and Tolle 2009]. Questa posizione esprime dunque la convinzione che il paradigma dei big data sia in grado di riportare il discorso scientifico sul piano dell'oggettività dei fenomeni osservati, senza bisogno di riferirsi ad alcuna chiave interpretativa o modello e all'orizzonte di attese dell'osservatore, in quanto non vi è alcun benchmark, parametro o punto di riferimento fissato a priori. Con i big data si lascia che siano i dati a dirci quali sono il benchmark, la correlazione, il modello. I dati ci svelano il loro segreto, a prescindere dall'ipotesi di partenza, che diventa pertanto irrilevante.

Questo è l'attuale dimensione della ricerca scientifica, resa possibile dallo straordinario sviluppo delle capacità di calcolo offerte dalla nuova generazione di microprocessori (CPU) e dagli algoritmi generativi dell'Intelligenza Artificiale.

La ricerca sperimentale, quella classica basata sullo studio dei fenomeni in funzione dei dati osservati e misurati, è oggi, in molti campi, sostituita dal metodo stocastico alimentato con dati che, a seconda di come vengono assunti o selezionati, possono determinare risultati sostanzialmente differenti. Detto in altri termini, se assumo delle ipotesi sbagliate, anche se impiego delle metodiche scientifiche ineccepibili, ciò produrrà risultati errati.

I modelli ingegneristici sono infatti sempre più raffinati dovendo elaborare una mole di dati sempre crescente e con l'incremento della complessità, di conseguenza, appare sempre più difficile comprendere la vera natura dei processi e delle cause che generano i fenomeni, perché appunto condizionata da una moltitudine di fattori ed indicatori. Mentre alla ricerca sperimentale, ancora di più all'evidenza empirica, è riservato uno spazio sempre più limitato.

Per cui, tornando alla questione della relazione causale tra CO_2 e temperatura, la tesi supportata da una moltitudine di studi scientifici che l'aumento della seconda sia dipendente dalla prima e che ciò sia dovuto in prima istanza dall'influenza antropica, è ad esempio in contrasto con una semplice, ma evidente, osservazione empirica.

Prendendo a riferimento i due periodi 1895-1946 e 1957-2008, che coprono un arco di tempo di circa 100 anni, le misure dell'andamento delle temperature su base temporale riferite nel primo periodo ed al secondo, entrambe di 50 anni, sono sostanzialmente identiche¹⁰. Ciò, quindi, tenderebbe ad escludere una correlazione diretta tra un aumento delle emissioni di CO₂ e l'impiego di combustibili fossili, dato che nel primo periodo, preindustriale e 'preglobale', questa tipologia di emissioni, al pari di quelle prodotte dalle attività dell'uomo, erano sicuramente minime.

Le scienze geofisiche dispongono infatti di dati geologici su centinaia di milioni di anni che sembrano contraddire palesemente la tesi della relazione biunivoca tra aumento della CO₂ e riscaldamento globale:

i dati climatici raccolti con misurazioni satellitari nella troposfera sin dal 1979 non confermano il forte riscaldamento delle proiezioni fatte dai modellisti. I modelli sono imprecisi ed in alcuni casi in forte contraddizione tra loro. Inoltre, nessuno di questi modelli è veramente in grado di ricostruire correttamente le oscillazioni naturali del sistema climatico che sono osservate in tutti i dati raccolti. [...] Le registrazioni satellitarie della bassa troposfera riportano un riscaldamento del 30% inferiore a quello riportato in media dai modelli GCM (Global Climate Models)¹¹. Oltre a questo enorme errore analitico interno ai modelli previsionali, c'è anche un altro problema. Nessuno di questi modelli è stato veramente in grado di ricostruire correttamente le oscillazioni naturali del sistema climatico che sono osservate in tutti i dati climatici

¹⁰ Cfr. Happer and Lindzen 2022, 10: l'intervento pubblico del 17 giugno 2022 di William Happer (Professor of Physics, Emeritus, Princeton University Princeton University) e di Richard Lindzen (Professor of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Emeritus, MIT Boston) in risposta ad una proposta di regolamentazione della SEC (Securities and Exchange Commission, Organo federale statunitense di vigilanza dei mercati di borsa – Commissione per i titoli e gli scambi).

¹¹ I GCM sono programmi informatici estremamente complessi sotto il profilo informatico e i modelli sono elaborati dal CMIP6 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (Eyring et al. 2016) e sono impiegati a supporto degli studi svolti dall'IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) dell'ONU.

disponibili. Ad esempio, dal 1850 ad oggi è abbastanza palese che, oltre ad un riscaldamento globale di circa 1°C, praticamente tutti i dati climatici (le temperature, il livello dei mari, le precipitazioni, le variazioni di pressione, etc.) presentano una oscillazione di circa 60 anni che ha indotto una alternanza tra periodi di riscaldamento e raffreddamento di circa 30 anni. Il periodo che va dal 1910 al 1940 è stato caratterizzato da un forte riscaldamento nonostante le emissioni antropiche fossero minime; i trent'anni successivi fino agli anni Settanta sono caratterizzate da un raffreddamento nonostante un continuo aumento delle emissioni antropiche (Scarfetta 2024, 60-2).

Tutto ciò non certo per sostenere la validità di una tesi di cui lo scrivente, come detto, non possiede le competenze, ma per porre in evidenza come sia alquanto complesso formulare un giudizio assoluto ed incontrovertibile su problematiche complesse di tale natura¹² e che forse, sarebbe più utile ed opportuno, che il dibattito sugli effetti concentrasse la riflessione su quella parte delle questioni che possono essere affrontate attraverso azioni pratiche, direttamente misurabili e risolvibili, invece che alimentare contrapposizioni ideologiche che non possono essere, e non lo sono mai state, espressione della verità scientifica.

Restringendo dunque il focus all'ambito di nostro interesse, che è quello dell'ambiente costruito con specifico riferimento agli edifici, ed assumendo come valido l'obiettivo della necessità di diminuire i consumi ai fini di garantire un decremento delle emissioni di CO₂, soprattutto per effetto dell'impiego di combustibili fossili nella fase di esercizio degli edifici, la prima domanda che ci dovremmo porre è quanto siano efficaci le azioni che ci proponiamo di attuare in termini quantitativi ed in rapporto al volume globale di tali emissioni.

¹² «La prima cosa da capire è che il sistema climatico è molto complesso e non è vero che oggi sia compreso sufficientemente, come l'ultimo rapporto dell'IPCC vorrebbe farci credere. Rimangono grosse incertezze che riguardano sia i meccanismi fisici che i dati stessi che descrivono il fenomeno. La mia impressione generale, dedotta dagli studi da me condotti, è che la sensibilità climatica all'aumento dei gas serra di origine antropica sia piuttosto bassa e che l'effetto solare sia piuttosto importante, ma notevolmente sottostimato nei GCM» (Scarfetta 2024, 66).

Secondo l'ultimo rapporto dell'IEA (Agenzia internazionale dell'Energia 2024) le emissioni di CO₂ nel mondo per l'anno 2023 si sono attestate intorno ai 37,7 miliardi di tonnellate (stabile rispetto al 2022), con un incremento percentuale annuo di +8% per l'India, di + 4% per la Cina, del + 3% per gli USA e di una riduzione del 7,4% in Europa (cfr. Global Carbon Project 2023). Riguardo al contributo offerto dall'Unione Europea, questo si attesta intorno al 6% delle emissioni globali mentre per quanto riguarda la percentuale per categoria, il settore degli edifici nel suo complesso viene stimato in 2,7 miliardi di tonnellate, di cui 1,9 miliardi di tonnellate riferito al comparto residenziale (sostanzialmente costante dalla rilevazione del 2010) e dunque circa il 7-8% delle emissioni globali (Cfr. IAE 2024, 300, Table A.4a: World CO₂ emissions). L'UE contribuirebbe per circa 0,16 miliardi di tonnellate per il comparto degli edifici, dunque circa lo 0,4%.

Tenendo poi conto che l'incremento della CO₂ viene stimata in circa 2,5 parti di milione (ppm) per anno, ciò significa che l'UE è responsabile di un incremento di circa $2,5 \times 0,06 = 0,15$ ppm per anno. Se accettassimo per buono il dato evocato in precedenza, che gli edifici sono responsabili del «36% delle emissioni di gas a effetto serra associate all'energia», significa che tale valore equivale a circa 0,054 ppm. Ovvero una quantità non misurabile. Ma non solo. Le azioni che dovremmo svolgere sono quelle di una sua riduzione di almeno un 40%, per cui il valore si dovrebbe ridurre ulteriormente a 0,032 ppm. Se queste valutazioni vengono poi riportate a scala nazionale, il dato diventa ancora più irrilevante in quanto le emissioni di CO₂ in Italia sono dell'ordine di 400 milioni di tonnellate di cui circa 80 milioni generati dal settore civile¹³, circa lo 0,2% ovvero 0,005 ppm per anno. Una riduzione del 40% porterebbe a 0,003 ppm per anno, di cui ovviamente solo una frazione riguarda gli edifici.

¹³ Le emissioni di gas a effetto serra (GHG) da usi energetici rappresentano l'80% del totale nazionale pari, nel 2021, a circa 418 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente [Mt CO₂eq] (inventario nazionale delle emissioni di gas a effetto serra, escluso il saldo emissioni/assorbimenti del settore LULUCF). La restante quota di emissioni deriva da fonti non energetiche, essenzialmente connesse a processi industriali, gas fluorurati, agricoltura e rifiuti. Cfr. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, 59.

TEMPO E MATERIA

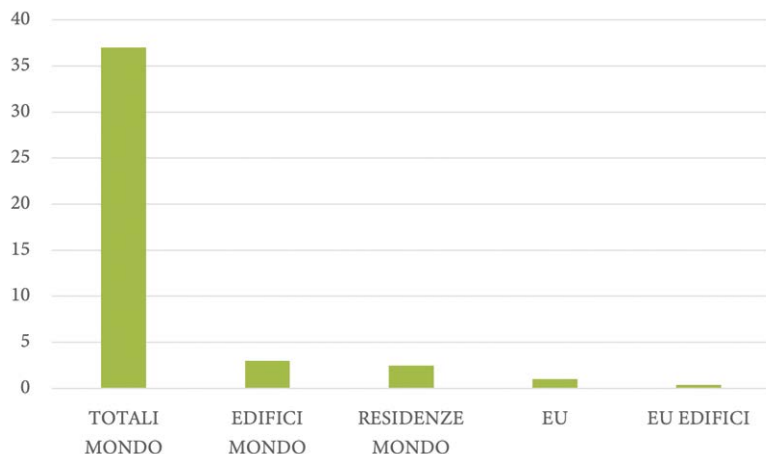


Grafico 1.2 – La stima di emissioni di CO₂ degli edifici residenziali dell’UE si attesta ad un valore prossimo allo 0,4% di quello di tutte le attività a scala planetaria.

Ma questo è l’obiettivo stabilito dall’Effort Sharing Regulation¹⁴ della UE:

per rispettare la traiettoria emissiva del periodo 2021-2030 (traiettoria ancora in fase di definizione), che dovrà portare a una riduzione del 43,7% rispetto ai livelli del 2005, sarà necessario avviare da subito una significativa riduzione delle emissioni pari a oltre il 30% rispetto ai livelli del 2021, da conseguirsi prevalentemente nei settori trasporti e civile (Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, 60).

Se, dunque, questa è la finalità che si intende perseguire in Italia, assumendo per buone tutte le incertezze sopra esposte sull’attendibilità delle stime sugli impatti del settore edilizio, l’interrogativo riguarda la reale efficacia delle misure di sostegno pubblico per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio e alle quali, tutti

¹⁴ L’Effort Sharing Regulation (ESR), è uno dei tre strumenti normativi, assieme al regolamento LULUCF e la riforma del mercato del carbonio, con cui l’Europa dovrà raggiungere l’obiettivo del 40% in meno di CO₂eq. entro il 2030.

noi, ad esclusione dei beneficiari del Superbonus 110%, saremo chiamati a contribuire per il prossimo futuro.

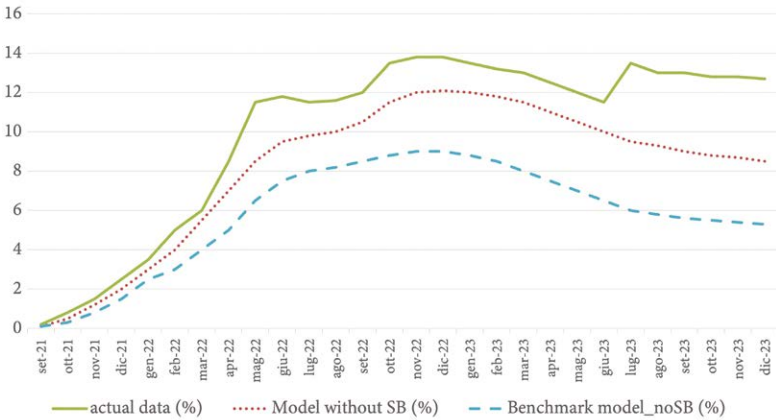
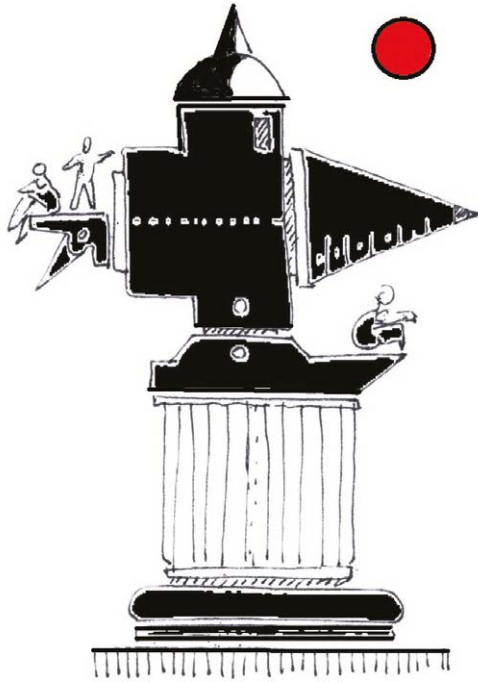


Grafico 1.3 – L'andamento dei costi di costruzione in rapporto alla misura del Superbonus 110% nel periodo settembre 2021-dicembre 2023. Il grafico evidenzia l'incremento rispetto ai modelli di simulazione in assenza di incentivi. Fonte: Corsello e Ercolani 2024, 15, fig. 8.



Riccardo Gulli, *Target point*. Inchiostro su carta, 2023. © Riccardo Gulli.

Efficienza

Il “Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima” (PNIEC), nella sua ultima versione del 2023, è il documento che sintetizza gli indirizzi e gli obiettivi che vengono perseguiti in accordo con il “Piano energia e clima” per il 2030, al fine di accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili e, per la parte residua, sul gas.

In questo quadro si iscrive la questione dell’efficientamento energetico degli edifici residenziali. Secondo lo scenario italiano del PNIEC, l’obiettivo è quello di un risparmio di 0,33 Mtep/anno (Milioni di tonnellate di petrolio equivalente/anno), di energia finale nel periodo di 10 anni, dal 2020 al 2030 con una riduzione delle emissioni di CO₂ a 32,7 MtonCO₂eq nel 2030, ovvero con un decremento di oltre il 40% rispetto ai livelli del 1990¹. Tale obiettivo viene prefigu-

¹ Attualmente il valore stimato è di circa il 18% dell’ammontare complessivo delle emissioni in Italia che è di 418 MtonCO₂eq, ovvero circa 70 MtonCO₂eq. Cfr. il rapporto sul PNIEC del 2023, Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, 59.

rato in ragione di un incremento degli investimenti volti alla riqualificazione profonda degli edifici esistenti e allo sviluppo di tecnologie particolarmente performanti.

I modelli di stima impiegati nel PNIEC si basano sul «tasso virtuale di ristrutturazione profonda» (ovvero che prevede interventi ingenti di ristrutturazione sia della parte edile che degli impianti), i cui dati sono desunti dal numero di pratiche presentate per gli incentivi fiscali (Ecobonus) riferite all'anno 2018 e che ammontavano allo 0,26% del patrimonio edilizio. L'obiettivo dichiarato al 2030 è quello di un incremento fino al 0,70% per anno.

Lo STREPIN (“Strategia per la Riqualificazione Energetica del Patrimonio Immobiliare Nazionale”, a firma del Ministero dello Sviluppo Economico, del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) nella versione del novembre del 2020, fornisce alcune importanti indicazioni sulle strategie e sulle modalità da attuare per raggiungere i target previsti in ottemperanza alla direttiva 2018/844/UE sulla prestazione energetica degli edifici.

Applicando la metodologia *cost-optimal*², sono stati pertanto identificati i requisiti minimi di prestazione energetica corrispondenti ai livelli di costo ottimali, per edifici nuovi e per edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni edili e impiantistiche. Secondo questo modello, l'obiettivo dei 0,33 Mtpq/anno al 2030, richiede che la percentuale di edifici oggetto di riqualificazione profonda salga a 0,81%, con un costo annuo stimato di circa 9 miliardi di euro e quasi 25 milioni di mq all'anno da riqualificare (su un totale di circa 2,5 miliardi di mq) per dieci anni (cfr. Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 30-6).

Ma come evidenziato in precedenza, tali modelli di stima, oltremodo raffinati, hanno però dimostrato, con la prova dei fatti a distanza di 4 anni dall'applicazione delle misure del Bonus facciate, dell'Eco-

² Il *cost-optimal* dei dati rilevanti per ogni edificio tipo, sono rappresentati da: costo globale *cost-optimal* (€/m²) energia primaria non rinnovabile stato di fatto (kWh/m²), energia primaria non rinnovabile *cost-optimal* (kWh/m²), risparmio di energia primaria non rinnovabile (kWh/m²) e risparmio di CO₂ (kg/m²). Cfr. Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, 331-32 e Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 30.

bonus e del Superbonus 110%, la loro scarsa attendibilità e capacità previsionale in quanto i dati reali ci rappresentano oggi una realtà (validazione su base empirica) molto differente da quanto prefigurato dalla proiezione dello STREPIN (simulazione predittiva) nel 2020.

Tabella 2.1 – Stima della superficie da riqualificare e relativi investimenti negli edifici a uso residenziale.

	Superficie riqualificata (m ² /anno)	Risparmio energetico (Mtep/anno)	Risparmio emissioni (Mt CO ₂ /anno)	Investimenti (mlrd €/anno)
Modello cost-optimal	24.699.000			9,18
Modello RM	19.832.600	0,33	1,14	11,09
Modello nZEB	18.806.600			11,94

Il modello cost-optimal è stato tarato su un campione di edifici in zona climatica B (clima a prevalenza di fabbisogno estivo) ed E (prevalenza fabbisogno invernale) e così composto: Residenziale Monofamiliare: risalente a due epoche di costruzione, 1946-1976 e 1977-1990, e composto da edifici di 1 e 2 piani; Residenziale Piccolo Condominio: risalente a due epoche di costruzione, 1946-1976 e 1977-1990, composto da edifici di 3 piani; Residenziale Grande Condominio: risalente a due epoche di costruzione, 1946-1976 e 1977-1990, composto da edifici di 4, 6 e 8 piani. I parametri del modello RM sono associabili nella metodologia cost-optimal al rispetto dei requisiti minimi (definiti nel d.m. 26/6/2015), in particolare al mix di interventi ottimali individuato per gli edifici tipo nuovi. I parametri del modello nZEB sono stati ricavati applicando un delta ai valori di costo e risparmio associabili ai requisiti minimi, basandosi sulle informazioni del PANZEB. Fonte: dati del report di ENEA 2020.

Secondo quanto calcolato dalla Banca d'Italia al 2024, il costo complessivo del Superbonus 110% per le casse pubbliche (costo sociale) ammontava a 170 miliardi di euro (Accetturo, Olivieri, e Renzi 2024). Secondo l'ENEA, a giugno 2024, la misura del Superbonus 110% ha riguardato un campione di edifici pari a 495.893, di cui 133.555 edifici condominiali e 244.972 edifici unifamiliari. Il numero stimato di edifici residenziali in Italia è intorno ai 12 milioni³ e per cui la ma-

³ Cfr. Agenzia delle Entrate 2024, 4: «Lo stock immobiliare censito negli archivi catastali italiani al 31 dicembre 2023 consiste di oltre 78,4 milioni di immobili

novra ha riguardato circa il 4%. Ciò significa che il costo reale è stato pari a circa 34 Miliardi di euro per lo 0,8% ipotizzato, ovvero circa 4 volte di più dei 9 miliardi stimati.

I sostenitori della manovra giustificano tale costo sociale in ragione dei benefici ambientali che sono a loro volta conseguenti alla tesi della riduzione delle emissioni di CO₂ in virtù di una riduzione dei consumi di energia da combustibili fossili (gas) garantito dagli interventi di efficientamento su edifici ed impianti.

Le stime riguardanti il volume delle emissioni in Italia e riportate nel PNIEC 2023, riferiscono che per il comparto 'civile' il valore si attesta in 83 MtonCO₂eq/anno con un incremento rispetto agli ultimi trent'anni (1990) di appena 5 MtonCO₂eq/anno (1990) e con un decremento di circa 13 MtonCO₂eq/anno rispetto ai valori massimi nel periodo 2005-2010 che erano fissati a 96 MtonCO₂eq/anno. Tale valore, come detto, si riferisce all'intero settore delle costruzioni civili, di cui è parte l'edilizia e in quota ancora più ridotta quella residenziale.

La determinazione analitica di quale sia l'effettiva riduzione della quota di emissioni di CO₂ generata dagli interventi di riqualificazione energetica sul 4% del patrimonio edilizio complessivo è alquanto complessa e con un elevato grado di discrezionalità per la numerosità dei parametri in gioco. In questa sede si fa riferimento ad uno studio svolto da Nomisma (2023), che indica in 1,42 MtonCO₂eq la riduzione totale delle emissioni di CO₂ in atmosfera generata da tale misura. Come già sopra riferito la quota complessiva delle emissioni in Italia per tutte le categorie è stimata intorno ai 400 MtonCO₂eq (Cfr. Mini-

o loro porzioni, di cui circa 67,5 milioni sono censiti nelle categorie catastali ordinarie e speciali, con attribuzione di rendita, oltre 3,7 milioni sono censiti nelle categorie catastali del gruppo F, che rappresentano unità non idonee, anche se solo temporaneamente, a produrre ordinariamente un reddito (aree urbane, lastrici solari, unità in corso di costruzione o di definizione, unità collabenti) e circa 7 milioni sono beni comuni non censibili, cioè di proprietà comune e che non producono reddito, o unità ancora in lavorazione (circa 67.000). Non considerando gli immobili che non producono reddito del gruppo F, i beni comuni non censibili e gli immobili in lavorazione, le unità immobiliari censite sono pari, come detto, a poco meno di 67,5 milioni, di cui la maggior parte è censita nel gruppo A (circa il 54%) e nel gruppo C (il 43%), dove sono compresi, oltre ad immobili commerciali (negozi, magazzini e laboratori) anche le pertinenze delle abitazioni, ovvero soffitte, cantine, box e posti auto».

stero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, 59) e pertanto l’incidenza della riduzione appare alquanto modesta, essendo dell’ordine 0,3% a fronte però di un costo anno di circa 34 miliardi di euro.

Se pensiamo che il bilancio dello Stato ha previsto per il triennio 2024-26 una spesa di 14 miliardi all’anno per l’Università e la ricerca, 29 miliardi per la Difesa, 20 miliardi per infrastrutture e trasporti, 5 miliardi per la cultura e 2,4 miliardi per la sanità (Ragioneria Generale dello Stato – MEF 2024, 18), appare lecito porsi degli interrogativi sul senso di queste misure in ragione dei benefici attesi, soprattutto se ciò si correla alla efficacia o meno degli interventi di riqualificazione energetica sugli edifici prefigurati dai modelli predittivi che sono stati impiegati per formulare tali stime⁴.

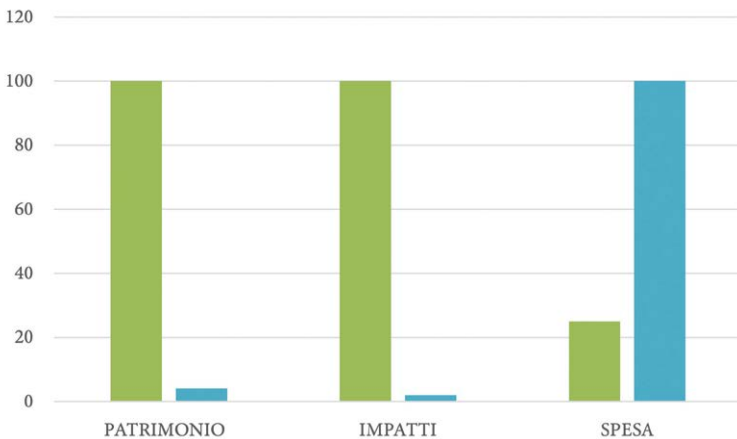


Grafico 2.1 – Gli impatti del SUPERBONUS 110% hanno riguardato circa il 4% del patrimonio residenziale esistente generando una ipotetica riduzione di circa il 2% di CO₂/anno rispetto al volume complessivo delle emissioni di tutte le attività in Italia per un costo maggiorato di circa il 400% di quello stimato dai modelli di simulazione.

⁴ Secondo lo stesso studio svolto da Nomisma pubblicato il 21 febbraio del 2023, l’impatto risulta essere invece positivo in quanto «l’investimento per la transizione ecologica attraverso il Superbonus è di 59 euro per tonnellata CO₂, contro 52 euro per Trasporti e 95 per Industria». Fonte: Nomisma 2023.

Nel citato STEPIN del 2020, ovvero prima dell'avvio della misura del Superbonus 110%, in merito alla efficacia delle tipologie di intervento da attuare sul patrimonio esistente viene detto:

Considerando l'involucro edilizio (es: isolamento a cappotto, sostituzione serramenti), l'intervento risulta una soluzione ottimale soltanto per i nuovi edifici e solo in pochi casi per quelli esistenti, principalmente risalenti all'epoca di costruzione compresa tra il 1946 ed il 1976. Nelle altre casistiche, visti gli elevati costi delle opere civili necessarie per la realizzazione o ripristino dell'isolamento dell'involucro, la soluzione ottimale si è orientata sulla realizzazione di altri interventi, in particolare relativi agli impianti. Per quanto concerne gli impianti, esclusivamente per gli edifici di nuova costruzione monofamiliare e per gli uffici è risultato ottimale l'utilizzo integrale di pompa di calore per climatizzazione (H+C) e ACS (Full Electric Building). Considerando invece le altre famiglie di edifici, la soluzione ottimale impiantistica prevede l'integrazione di pompa di calore, caldaia a gas (condensazione e tre stelle) e multi-split. Il ricorso a moduli fotovoltaici è presente su tutte le tipologie edilizie. Per quanto riguarda gli edifici residenziali la copertura dei consumi tramite fonti rinnovabili va dal 50-70% sugli edifici di nuova costruzione al 10-20% per quelli esistenti (Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 29).

Tradotto in altri termini, la valutazione fornita dallo STREPIN riferisce della sostanziale inefficacia delle misure di efficientamento energetico fondate sulla coibentazione dell'involucro mediante l'applicazione dell'isolante esterno (cappotto) e sulla sostituzione degli infissi nel caso di interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, oltre che al ridotto apporto delle fonti rinnovabili, ovvero il fotovoltaico, per la riduzione dei consumi, sempre nel caso di edifici esistenti.

Tali valutazioni, in termini quantitativi, sono poi riportate nello studio svolto dal Cresme (cfr. Camera dei deputati 2021, 16) del successivo anno con fonte dati di ENEA e del Ministero della Transizione Ecologica, in cui si evidenzia quanto già riferito in precedenza, ovvero che il costo pubblico del risparmio energetico della misura del Super-eco bonus al 2021 sia stato di 5,8 €/kWh anno per l'invo-

lucro e di 2,3 €/kWh anno per gli impianti⁵, ovvero con un payback finanziario di 68 anni per il primo e 27 per il secondo⁶.

Come detto, tali analisi sono state elaborate e pubblicate nella fase di prima attuazione della manovra del Superbonus 110% e che, come è altrettanto noto, è stata invece solo incentrata sull'applicazione di queste tre tipologie di intervento, ovvero coibentazione con cappotto, sostituzione degli infissi e rinnovo della caldaia, sempre a gas ma a rendimento più elevato (a condensazione).

Tabella 2.2 – Super-Ecobonus. Il costo pubblico del risparmio energetico al 22 ottobre 2021.

	Ammontare detrazioni maturate a fine progetto (milioni €)	Importi unitari detrazioni (euro/mq o euro/Kw)	Risparmio energetico (GWh/anno)	Costo unit. (1) €/kwh risp anno	Payback (2) (n° anni)
TRAINANTI					
sull'involucro	3.689	307/mq	636	5,8	68
sull'impianto	1.156	976/Kw	503	2,3	27
TRAINATI					
su singole uiu	4.091				
di cui:					
par. verticali, coperture, pavimenti, infissi	1.640	1.211/mq	347	4,7	56
impian clima.	458	598/Kw	125	3,7	43

Elaborazione Cresme su dati ENEA e Ministero Transizione Ecologica. «Se volessimo calcolare così i tempi di ritorno (payback) della spesa pubblica (il 110% del valore degli investimenti) avremmo delle durate che sarebbero insostenibili da parte di qualunque investitore privato: 68 anni per recuperare la spesa degli interventi trainanti sull'involucro e 56 anni per gli interventi (non impianti) trainati sulle singole unità immobiliari. In altri termini: quando il risparmio energetico accumulato negli anni ci permette di recuperare il denaro speso, il nostro involucro edilizio avrà, probabilmente, esaurito la sua vita tecnica utile. Come per gli infissi, le coperture, gli impianti interni alle abitazioni» (Camera dei deputati 2021, 10).

⁵ Il costo unitario è calcolato sull'ammontare della detrazione (110% del costo dell'intervento).

⁶ Tempo di ritorno semplificato, il prezzo del metano è desunto da ARERA-tariffa media 2021, mercato tutelato: 81,40 centesimi/mc. – fattore di conversione mc-kWh=9,6.

Sarebbe anche in questo caso opportuno chiedersi come mai le considerazioni sull'inefficacia di alcune azioni contenute in un documento ufficiale del Ministero, quale appunto lo STREPIN, non abbiano sortito alcun effetto nelle scelte politiche operate con l'emanazione del Superbonus 110% e che conseguentemente, nel successivo rapporto del PNIEC 2023 tutto ciò sia stato edulcorato con una frase tanto generica, quanto infondata:

Nel civile, per conseguire la riduzione delle emissioni al 2030 rispetto al 2005 e promuovere un incremento nel risparmio sui consumi finali di energia, sono state previste misure di accelerazione nel ritmo di efficientamento degli edifici esistenti, rafforzata da una maggiore diffusione di interventi di riqualificazione profonda e dall'applicazione di tecnologie particolarmente performanti (come, ad esempio, pompe di calore e sistemi BACS) (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica 2023, PNIEC, 59).

La realtà, che emergerà nel tempo, è che invece la maggior parte degli interventi eseguiti con i bonus edilizi non sono stati di 'riqualificazione profonda' e che pertanto la loro efficacia risulterà molto limitata, soprattutto in ragione dei costi sostenuti. La ragione, anche in questo caso, è conseguente allo scarto che, nel campo della costruzione edilizia, separa la rappresentazione teorica di un problema dalla sua traduzione pratica, in analogia tra quanto simulato dai modelli predittivi e quanto rilevato dall'evidenza empirica degli effetti.

In primo luogo, va specificato che l'ambito in cui si opera è quello del patrimonio esistente e che pertanto i principi e le modalità di intervento non hanno corrispondenze con il comparto della nuova costruzione. Nel caso di nuova costruzione è infatti possibile applicare il principio dell'«edificio adiabatico»⁷, ovvero isolare termicamente l'interno dall'esterno con l'impiego di un sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC) degli ambienti e di un involucro realizzato con pareti ad elevato potere coibente e serramenti ermetici. Ciò consente una effettiva riduzione dei consumi, in potenza un

⁷ Con il termine «adiabatico» si intende un sistema impenetrabile al calore. In termodinamica, di parete termicamente isolante, o di trasformazione che avvenga senza scambi di calore con l'esterno.

loro azzeramento, a patto che le finestre rimangano sempre chiuse perché altrimenti, nel momento in cui si produce un flusso termico per il passaggio di aria⁸, in entrata o in uscita, l'entropia del sistema viene modificata.⁹

In questo caso, l'impiego delle pompe di calore, ovvero di generatori elettrici in grado di riscaldare e raffreddare gli ambienti, in luogo di caldaie alimentate da combustibili fossili, può fornire un'elevata resa proprio in ragione della condizione 'adiabatica' garantita dall'involucro.¹⁰

La pompa di calore viene infatti oggi considerata come il sistema energetico più efficiente e al contempo, essendo annoverata come fonte rinnovabile¹¹, nel caso di impiego negli interventi sull'esistente, risulta possibile certificare un aumento della classe energetica di un edificio, anche di due livelli, senza interventi sull'involucro.

⁸ Il flusso di calore o flusso termico, a volte indicato anche come densità del flusso di calore, densità del flusso di calore o intensità del flusso di calore, è un flusso di energia per unità di area per unità di tempo, ovvero la trasmissione di calore che avviene in un mezzo solido, liquido o aeriforme dalle zone a temperatura maggiore verso quelle con temperatura minore, all'interno di un corpo solo o due corpi tra loro in contatto.

⁹ In termodinamica, l'entropia è una funzione di stato di un sistema la cui variazione, in una trasformazione che porti il sistema da uno stato iniziale A ad uno finale B, viene calcolata sommando le quantità di calore scambiate dal sistema in una qualsiasi trasformazione reversibile che vada da A a B, divise rispettivamente per le temperature assolute delle sorgenti con cui si scambia calore; si misura in joule per grado Kelvin. In tutti i processi fisici reali (quindi irreversibili) di un sistema isolato, l'entropia aumenta sempre e tende ad un valore massimo; secondo l'interpretazione data dalla meccanica statistica, l'entropia è una funzione crescente della probabilità che un sistema si trovi in un determinato stato macroscopico, per cui i sistemi isolati evolvono spontaneamente verso le configurazioni a entropia maggiore, che sono quelle con un grado minore di ordine.

¹⁰ Per le pompe di calore non si parla di 'rendimento' ma di 'resa', precisamente di coefficiente di prestazione (COP), rapporto tra energia resa (calore fornito ad un ambiente) ed energia consumata (energia elettrica, quella richiesta dal compressore). Il coefficiente di prestazione (COP) è generalmente compreso tra 3-5.

¹¹ La pompa di calore viene annoverata come fonte rinnovabile in quanto utilizza un gas che ha la capacità di assorbire il calore da una fonte di energia naturale, come aria, acqua o terreno. Tale assunto porta a non considerare che per il funzionamento della pompa di calore è sempre necessario disporre di energia elettrica, anche prodotta da fonti non rinnovabili.

Pertanto, nel caso di nuova costruzione, il modello ‘adiabatico’ è sicuramente la soluzione più efficace ed efficiente sotto il profilo dei consumi. Un modello che prevede una diversa concezione dell’abitare: finestre sigillate, aria trattata e ventilazione meccanica controllata, temperatura interna costante. Niente di particolarmente nuovo se non che questo modello, già in uso per gli edifici direzionali, viene traghettato anche nell’edilizia residenziale, soprattutto quella delle aree urbane in cui vi è una maggiore densità edilizia.

Ciò che invece è discutibile è l’applicazione di questo modello al comparto del patrimonio residenziale esistente per una serie di ragioni di natura tecnica, funzionale ed economica, come correttamente evidenziato dal rapporto STREPIN citato in precedenza.

Per comprenderne le motivazioni è in primo luogo necessario porre in prima evidenza l’importanza rivestita dalla conoscenza dei modi di costruire nella loro evoluzione storica, che significa avere contezza dei quali siano i principi fondativi delle soluzioni costruttive adottate in quel tempo e in quel luogo. Ciò rende subito evidente che uno dei fattori distintivi del patrimonio costruito è *l’eterogeneità*. Una condizione che resiste ad essere ricondotta a schemi unificanti, se non attraverso approcci oltremodo semplificati che sono però proprio quelli adottati dai modelli di simulazione e certificazione energetica in uso.

Sono infatti i caratteri tipologico-costruttivi degli edifici, oltre a quelli figurativi, a decretare, specificatamente nel nostro paese, la variabilità delle matrici dei tessuti che connotano i nuclei urbani, dai centri minori fino alle città. Una eterogeneità che, oltre ad essere espressione dei contesti socioculturali dei luoghi, è il primario motivo dei limiti di applicabilità delle ricette votate all’abbattimento dei consumi energetici, soprattutto nei casi di riqualificazione prestazionale dell’involucro edilizio.

Un diretto riscontro di tale condizione è anche rintracciabile da una analisi statistica del campione di edifici oggetto degli interventi finanziati con il Superbonus 110% in funzione della tipologia e che riferiscono che la metà del campione è costituito da edifici unifamiliari e poco più di un quarto da edifici condominiali (cfr. ENEA 2025). Se è indubbio che le motivazioni di tale esito siano da attribuire ad altri fattori, soprattutto di natura amministrativa e gestionale

in rapporto alla proprietà esclusiva del bene, al contempo tale dato è oltremodo utile per comprendere quali siano i limiti operativi di tali misure se correlate alla variabilità tipologica degli aggregati edilizi quale primaria matrice della fisionomia urbana delle nostre città.



Riccardo Gulli, *Over time*. Tecnica mista, 2025. © Riccardo Gulli.

Vetustà

Come sopra riferito, in Italia si contano circa 12 milioni di edifici residenziali e circa 30 milioni di abitazioni, dunque quasi una abitazione per due abitanti. La consistenza di questo campione è generalmente definita per età anagrafica e per classificazione energetica, mentre è alquanto frammentaria la conoscenza sulla sua natura costitutiva, di ordine tipologico-costruttivo, strutturale e conservativo. Ciò è vero in particolare per il patrimonio del Novecento, ovvero quello che ha preso forma dagli anni Venti fino alla seconda metà degli anni Settanta. Uno dei motivi è correlato al graduale e progressivo mutamento che ha interessato le relazioni tra teoria e prassi nel settore della costruzione edilizia e che è parte di una storia mai scritta, quella dell'edilizia del Novecento italiano, alla quale la vicenda della residenza appartiene.

È una storia che non ha trovato una sua legittimità scientifica perché appunto espressione di un tipo di sapere che si è consolidato nella pratica ordinaria della professione, per lo più estraneo agli interessi della cultura architettonica. Il dato più significativo è che però (o purtroppo) circa i 2/3 dell'intero patrimonio residenziale in vita è costituito proprio da questi edifici, ovvero realizzati nelle tre decadi dagli anni Cinquanta fino alla fine degli anni Settanta e che questo

patrimonio decreta l'attuale fisionomia delle nostre città fuori dal perimetro segnato dai centri storici¹.

Tabella 3.1 – Edifici residenziali, numero per stato di conservazione, nel 2018 per zona climatica.

Epoca di costruzione	Numero edifici	Epoca di costruzione	m ²
fino al 1919	1.832.503	fino al 1945	678.743.665
1919-1945	1.327.007		
1946-1960	1.700.834	1946-1976	1.293.138.628
1961-1970	2.050.830		
1971-1980	2.117.649		
1981-1990	1.462.766	1977-1990	600.244.196
1991-2000	871.017	1991-2014	439.536.250
2001-2005	465.092		
2006-2011	359.991		
2011-2018	232.714	post 2014	38.143.445
Totale	12.420.403	Totale	3.049.806.184

La tabella evidenzia che la consistenza del patrimonio esistente nel periodo 1946-1976 è circa tre volte quello degli altri periodi di analoga estensione temporale. Fonte: Cresme su dati vari; Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 5.

Una storia che ad esempio racconta come la concezione costruttiva dell'edificio residenziale abbia subito nel corso del Novecento un graduale processo di *smaterializzazione*, ovvero una riduzione della massa. Già dagli anni Trenta del Novecento, ma con un cambio di passo nel secondo dopo guerra, prende infatti avvio una sostanziale trasformazione dell'organismo edilizio determinata dalla produzione industrializzata degli elementi costruttivi e dei componenti edilizi e

¹ Ponendo a confronto gli ultimi decenni (dopo il 2005) con quelli degli anni del boom edilizio (Sessanta e Settanta del Novecento), il confronto è di circa 30.000 edifici/anno rispetto ai 200.000 edifici/anno, ovvero un rapporto di circa 1 a 7 tra i due periodi.

che trova una sua naturale combinazione con l'impiego di strutture portanti a telai in cemento armato

In sintesi, quanto succede in Italia dal secondo dopoguerra in avanti è una storia del tutto diversa da quella precedente, in cui si assiste alla scomparsa delle culture costruttive locali per aderire ad un processo di omologazione dei processi e dei materiali. La formazione del tecnico del primo Novecento italiano è allo stesso modo parte integrante di questa storia, quale prodotto della mutua combinazione tra il corpus teorico del manuale tecnico e quello operativo del catalogo dei prodotti edilizi. La cronaca edilizia del cantiere è la testimonianza materiale di questo processo.

La concezione di un condominio degli anni Sessanta del Novecento è infatti sostanzialmente la stessa in qualsiasi area del paese², che sia a Palermo a Bologna o a Milano. Le differenze possono riguardare la qualità dei materiali o l'estensione dimensionale, ma non la natura costitutiva che è sostanzialmente analoga. Allo stesso modo specifica rilevanza rivestono le criticità connesse alle procedure di cantiere che al tempo non erano soggette a stringenti collaudi ma a protocolli sommari, anche di calcolo, soprattutto per quanto riguarda le strutture in cemento armato³. Considerazioni analoghe potrebbero essere fatte per le caratteristiche dei solai o delle pareti di tamponamento, quasi sempre confinate entro i limiti dimensionali lordi dei 30 centimetri, perché corrispondenti ad una norma urbanistica sul calcolo delle superfici utili e dei limiti di altezza, che induceva a redigere una sorta di 'progetto-tipo' per i permessi di costruire, rispondente alla logica della massima semplificazione amministrativa e per soddisfare la pressante domanda di inurbamento generato dal ciclo espansivo dell'economia italiana di quegli anni.

² Emblematica in questo senso la denuncia di Pier Paolo Pasolini che nel documentario *Forma della città* (1973), prende a riferimento il centro di Orte per evidenziare proprio il processo di uniformazione del modello edilizio del condominio degli anni Sessanta del tutto indifferente rispetto ai caratteri e alle specificità dei contesti.

³ Tutta la fase della ricostruzione del secondo dopoguerra e quella dell'espansione edilizia fino alla all'entrata in vigore della 1089 del 1971, è regolata, dal punto di vista delle norme tecniche sulle costruzioni da due norme emanate nel ventennio fascista, i R.D. del 1937 e del 1939.

In termini generali, se volessimo indicare un valore medio che possa rappresentare lo stato qualitativo di un edificio condominiale realizzato tra gli anni Cinquanta e Settanta del Novecento rispetto ai parametri prestazionali contemporanei, ovvero quelli assunti negli ultimi venti anni, questo è stimabile nell'ordine del 1/2-1/3 di quelli di norma. Ciò vale nello specifico per le strutture in calcestruzzo armato che possono presentare valori di resistenza meccanica del calcestruzzo delle membrature che compongono l'ossatura dei telai (pilastri e travi) anche inferiori ai 100-120 kg/cmq, invece dei 250 kg/cmq dell'attuale normativa⁴.

La *vita utile* di un edificio, genericamente definita nell'ordine dei cinquant'anni, ma non normata⁵, è infatti la prima e più importante questione da considerare. Esiste una sostanziale differenza nella definizione del grado di obsolescenza di una costruzione muraria da una intelaiata in cemento armato. Per comprenderla è sufficiente compararla secondo due tipologie, gli edifici monumentali e i ponti.

La storia edilizia millenaria delle nostre città si basa sull'impiego della costruzione muraria, in laterizio ed in pietra. Il suo principale problema non risiede nell'obsolescenza dei materiali o della conce-

⁴ Per tale ragione la Regione Toscana, a partire dal 2004, quindi da oltre venti anni, ha promosso un programma per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato (VSCA) che ha permesso di attivare una campagna diagnostica dei valori di resistenza statica delle membrature in cemento armato del patrimonio edilizio di proprietà delle Amministrazioni locali, che è stata quasi interamente cofinanziata. L'esito di tale studio ha evidenziato i primi anni '50 e '60 furono caratterizzati da un minor livello di controllo sulla qualità dei materiali e sulle differenti fasi del processo costruttivo (trasporto del calcestruzzo, getto) e che la normativa di riferimento per gran parte delle opere edificate nel dopoguerra (R.D. 16 novembre 1939 n° 2229) prevedesse un valore minimo da assumersi per la Rck (resistenza cubica del conglomerato a 28 giorni di maturazione) di 120 Kg/cmq, valore questo inferiore sia a quello di 150 Kg/cmq prescritto nel D.M. 27 luglio 1985 n. 37 relativo alla legge n. 1086 del 05 novembre 1971, sia al valore di 250 Kg/cmq richiesto dalle recenti norme tecniche per le costruzioni in zona sismica relative all'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003.

⁵ La 'vita nominale', sempre di cinquant'anni è quella impiegata nella normativa italiana NTC 2018 che però è riferita alle prestazioni sulla sicurezza in relazione a eventi sismici. Con 'vita utile' si intende il periodo entro il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione, senza necessità di ristrutturazioni o lavori significativi.

zione costruttiva, ma solo di sicurezza sismica essendo fondato sul principio del trilito, quindi labile alle azioni orizzontali. Al contempo tale criticità può essere eliminata con interventi puntuali che sono compatibili con la sua natura costitutiva, ovvero senza attuare interventi che ne alterino la configurazione e la concezione originaria.

Tabella 3.2 – Edifici residenziali, numero per stato di conservazione, nel 2018 per zona climatica.

Stato di conservazione	Ottimo	Buono	Mediocre	Pessimo
zona A	1.060	2.672	1.332	182
zona B	153.554	374.118	161.533	20.844
zona C	657.071	1.519.139	505.024	55.988
zona D	829.538	1.551.451	464.356	50.861
zona E	2.020.939	2.591.860	658.495	69.376
zona F	284.263	344.705	91.680	10.362
Totale	3.946.423	6.383.945	1.882.420	207.613

La tabella rappresenta una condizione sullo stato di conservazione del patrimonio esistente in cui circa l'80% degli edifici è considerato in stato ottimo o buono. È evidente che tale esito sia difforme dalla realtà e che ciò sia frutto della mancanza di dati oggettivi se non quelli forniti dai censimenti decennali ISTAT e che essendo desunti dalle dichiarazioni volontarie dei proprietari sono all'origine dell'aleatorietà nelle valutazioni. Questa stima discende infatti dall'applicazione di un altro indicatore, quello della fascia climatica, che è a sua volta correlato alle certificazioni energetiche che non hanno nessuna valenza nella definizione dello stato di conservazione di un edificio, soprattutto se la valutazione viene estesa al rispetto dei requisiti di sicurezza strutturale del patrimonio residenziale costruito tra gli anni Cinquanta e gli anni Settanta del Novecento. Fonte: Cresme su dati vari; Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 6.

Nelle strutture intelaiate in cemento armato il decadimento delle prestazioni strutturali è invece direttamente correlato sia alla qualità dei materiali e delle modalità di esecuzione, sia al processo di degrado che occorre nel tempo in ragione delle specifiche condizioni contestuali e manutentive.

Quanto sta avvenendo in questi ultimi anni nell'ambito delle infrastrutture stradali ne è la più eloquente testimonianza. I più noti casi del ponte Polcevera e di quello sul Magra sono solo due episodi

eclatanti per importanza di un fenomeno che interessa una miriade di ponti realizzati dal secondo dopoguerra in avanti in cemento armato⁶.

È evidente che tale analogia sia solo parziale ed indicativa se traslata all'ambito dell'edilizia residenziale, essendo questa prevalentemente di proprietà privata e connotata da una intrinseca variabilità ed eterogeneità di impianto. Al contempo, proprio tale ultimo fattore induce ad affrontare diversamente il tema della manutenzione e della sicurezza strutturale, poiché le modalità tecniche che possono essere adottate nel campo delle infrastrutture, che presentano le membrature in cemento armato a vista, non sono trasferibili agli scheletri strutturali degli edifici, sia per ragioni tecniche che sul piano dei costi-benefici⁷.

Quindi, prima che essere un problema di natura sismica, la questione degli edifici in scheletro in cemento armato del Novecento è una questione statica, ovvero correlata al decadimento delle prestazioni meccaniche dei materiali costitutivi. Eludere questo dato nella formulazione di valutazioni sull'efficacia degli interventi di rinnovo sostenuti dalle politiche di incentivazione è viziata da una visione parziale del problema perché è evidente che questo patrimonio, a differenza di quello che ha connotato la fisionomia delle nostre città storiche, ovvero fino al XIX secolo, è inevitabilmente destinato a deperimento organico, in un lasso di tempo che è misurabile in pochi decenni.

A differenza del genere umano, nel caso degli edifici, la questione dell'età anagrafica è infatti relativa perché dipende anche dalla genesi costruttiva, si potrebbe dire dal differente DNA costitutivo. Le strutture urbane delle nostre città storiche sono la testimonianza di come gli edifici in muratura portante possano rimanere in vita per centinaia di anni se realizzati a regola d'arte e che il problema della loro sopravvivenza venga assicurato dalla cura e dall'uso, con interventi manutentivi circoscritti a singole parti.

⁶ Un problema che per fortuna interessa solo marginalmente la rete ferroviaria ordinaria essendo stata realizzata per buona parte anche nella seconda metà dell'Ottocento impiegando ponti in muratura ed in ferro, che richiedono ugualmente opere manutentive, ma che non sono soggetti alle stesse modalità di collasso o di pericolosità per crollo istantaneo.

⁷ La possibilità di applicare la tecnologia dei FRP (Fiber Reinforced Polymers) anche agli edifici esistenti è infatti più teorica che reale in quanto prefigura la messa a nudo dello scheletro strutturale e quindi una quasi totale demolizione dell'organismo edilizio.

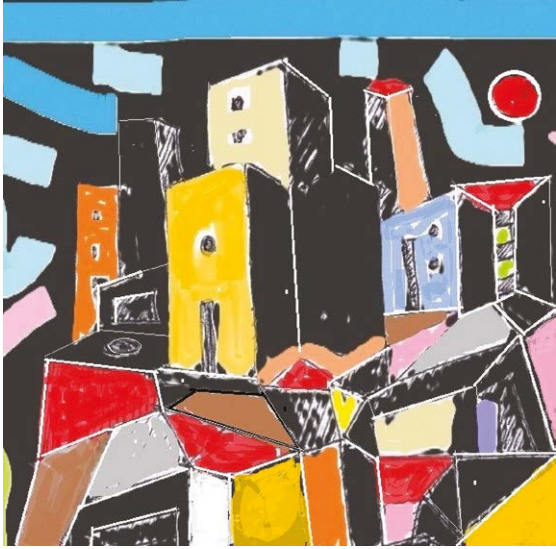
Ma questa, come detto, è la nostra storia edilizia fino ai primi del Novecento. Con l'entrata in uso del sistema costruttivo a telaio in cemento armato e con la progressiva riduzione delle masse, la genesi costruttiva degli edifici muta, generando una famiglia differente da quella basata sulla muratura portante, emblema della nostra cultura costruttiva nei duemila anni precedenti.

Al contempo vi è un elemento di continuità che connota da sempre il modo di costruire in Italia. L'impiego diffuso dell'argilla cotta per il confezionamento dei laterizi. La concezione costruttiva, anche nel passaggio dalla tipologia massiva (muratura portante) a quella puntiforme (a telai e tamponamenti), si è sempre basata sull'utilizzo del laterizio come materiale base, sia per le pareti, nella forma di mattoni pieni o forati, che per i solai, nella forma delle pignatte.

La cultura costruttiva italiana, perché di cultura si tratta essendo un portato del più ampio dominio sociale ed economico in cui si iscrive, ha il suo marchio distintivo, rispetto alle omologhe d'oltralpe, proprio nell'aver privilegiato l'uso di sistemi costruttivi *in opera*, ovvero *a giunto bagnato*, invece che sul principio dell'assemblaggio, ovvero *a secco*. Una scelta condizionata da molteplici fattori, tra cui in primis, quelli del mantenimento nel tempo di una condizione prevalentemente artigianale del mondo dell'impresa edile a cui corrisponde una resistenza verso l'innovazione di sistemi e prodotti di provenienza industriale⁸.

Tale considerazione, nella sua genericità, ritrova una sua rilevanza se relazionata al tema della riqualificazione energetica di questo patrimonio quale presupposto preminente per una corretta valutazione dei costi-benefici degli interventi prefigurati dalle Direttive UE e dalle politiche a sostegno dei bonus edilizi.

⁸ Quando nel 1953 viene dato alle stampe il Manuale dell'Architetto a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, sotto la guida di Gustavo Colonnetti, Biagio Buongiovanni, Pier Luigi Nervi, Mario Ridolfi e Bruno Zevi, aveva da pochi anni preso forma il grande piano di ricostruzione dell'Edilizia Sociale (INA Casa), noto come piano Fanfani, che si concluderà nel 1963. La primaria istanza di promuovere la crescita economica e di fronteggiare la povertà sociale attraverso un incremento della condizione occupazionale dei lavoratori induce a limitare l'impiego di sistemi meccanizzati e di adottare modelli costruttivi e procedure cantieristiche di tipo tradizionale. Il Manuale del CNR codifica tale indirizzo e al contempo restituisce con chiarezza il proposito di fornire lo stato dell'arte del modo di costruire di quel tempo.



Riccardo Gulli, *Atrani*. Tecnica mista, 2025. © Riccardo Gulli.

Densità abitativa

Nel 2050 circa il 50% del patrimonio residenziale in Italia avrà superato i 100 anni, di cui 3 milioni di edifici realizzati tra il 1920 e il 1960, ovvero il 25% dell'intero patrimonio e oltre 1,5 milioni nel periodo tra il 1945 e il 1960.

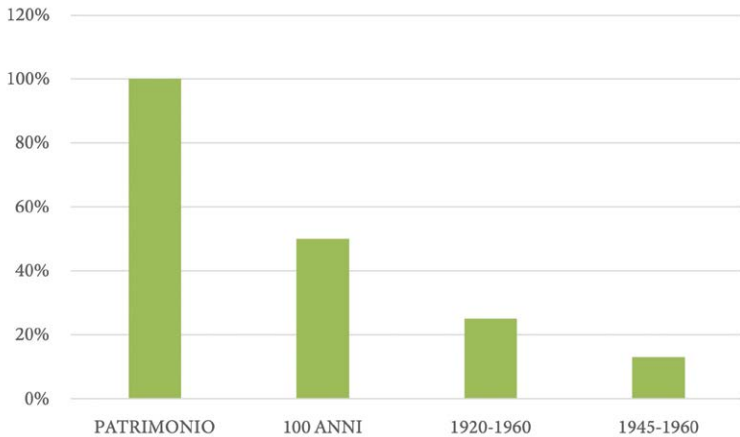


Grafico 4.1 – Patrimonio residenziale in Italia al 2050.

Riccardo Gulli, University of Bologna, Italy, riccardo.gulli@unibo.it, 0000-0001-5720-2912

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Riccardo Gulli, *Tempo e materia. Per un'etica del costruire*. © 2025 Author(s), CC BY 4.0, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0747-8, DOI 10.36253/979-12-215-0747-8

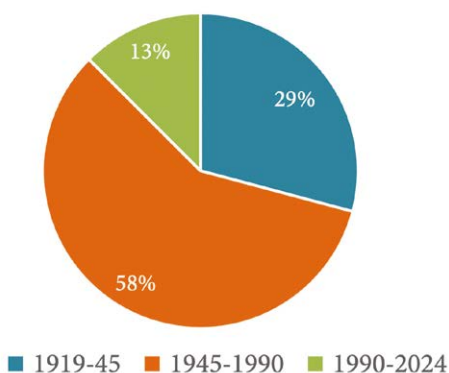


Grafico 4.2 – Stock edifici.

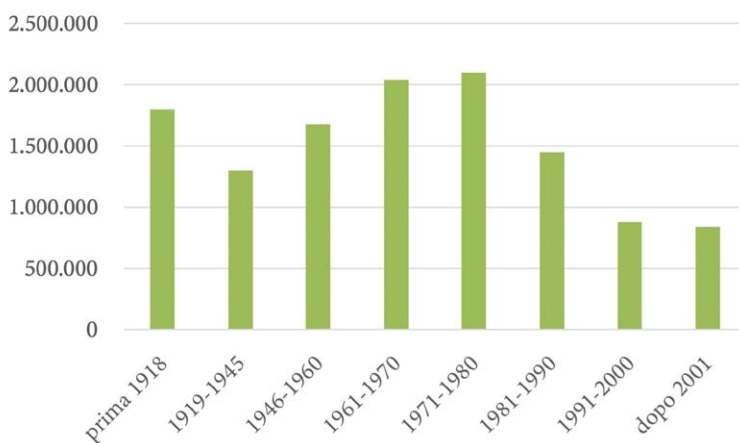


Grafico 4.3 – Nel 2050 circa il 50% del patrimonio residenziale in Italia avrà superato i 100 anni, di cui 3 milioni di edifici realizzati tra il 1920 e il 1960, ovvero il 25% dell'intero patrimonio e oltre 1,5 milioni nel periodo tra il 1945 e il 1960. Circa 7 milioni di edifici, ovvero circa il 60% dei 12 milioni dell'intero patrimonio, è stato realizzato in circa 50 anni, con una quota di circa 200.000 abitazioni all'anno nel periodo Sessanta-Ottanta, ovvero circa di dieci volte quanto mediamente realizzato negli ultimi trent'anni.

Se questi dati vengono incrociati con i processi di trasformazione urbanistica delle maggiori città italiane, improntati su un modello di espansione radiocentrica ad elevata densità abitativa, la fisionomia urbana che ne risulta riflette pedissequamente l'ordine temporale degli edifici che la compongono.

Così la prima cintura esterna ai nuclei storici ha gradualmente perso il carattere di prima periferia per assumere quella di fascia semicentrale, con un conseguente progressivo incremento dei valori fondiari decretati dalla condizione logistica. Una comparazione svolta a livello nazionale sulle principali città evidenzia che il rapporto tra il costo degli edifici delle aree centrali è mediamente più del doppio di quella della prima periferia e di circa il 20-30% superiore a quella delle zone semicentrali¹.

Guardando in prospettiva è pertanto evidente che la prima fascia di espansione fuori dal centro storico acquisirà un ruolo sempre più strategico e rilevante per promuovere un ammodernamento del parco edilizio che è mediamente connotato da un elevato valore di rendita fondiaria e da una bassa qualità tipologica e costruttiva degli edifici.

¹ Milano (centro \geq di 7600 €/mq, semicentrale tra 6000-7000 €/mq; prima periferia 3000-4000 €/mq); Roma (centro \geq di 5600 €/mq, semicentrale tra 3500-4500 €/mq; prima periferia 2800-3200 €/mq); Napoli (centro \geq di 5000 €/mq, semicentrale tra 4000-4500 €/mq; prima periferia 2000-2500 €/mq); Firenze (centro \geq di 5000 €/mq, semicentrale tra 4000-4500 €/mq; prima periferia 3000-3500 €/mq); Bologna (centro 4000-4300 €/mq, semicentrale tra 3000-3500 €/mq; prima periferia 2500-3000€/mq); Torino (centro \geq di 3100 €/mq, semicentrale tra 2000-2700 €/mq; prima periferia 1300-1500€/mq); Bari (centro 2300-2400 €/mq, semicentrale tra 2000-2200 €/mq; prima periferia 1300-1600€/mq); Catania (centro 1500-1700 €/mq, semicentrale tra 1200-1500 €/mq; prima periferia 800-1100€/mq); Palermo (centro \geq di 1900 €/mq, semicentrale tra 1400-1500 €/mq; prima periferia 1000-1200€/mq); Genova (centro \geq di 2700 €/mq, semicentrale tra 1700-2000 €/mq; prima periferia 1100-1300€/mq); Trieste (centro \geq di 3000 €/mq, semicentrale tra 2000-2200 €/mq; prima periferia 1200-1400€/mq); Reggio Calabria (centro 1100 €/mq, semicentrale tra 1000 €/mq; prima periferia 500-800 €/mq); Cagliari (centro 2800-3000 €/mq, semicentrale tra 2600-2700 €/mq; prima periferia 1500-2100 €/mq); Venezia (centro \geq di 5600 €/mq, semicentrale tra 4800-5200 €/mq; prima periferia 2000 €/mq); Messina (centro \geq di 1250 €/mq, semicentrale tra 1100-1200 €/mq; prima periferia 800 €/mq); Cfr. OMI (Osservatorio Immobiliare Italiano).

La questione ancora più stringente riguarda poi la condizione urbana segnata dall'assenza di spazi verdi in rapporto agli standard edilizi.

Al contempo, l'elevato grado di complessità di tale operazione ha indotto a considerare inattuabile ogni ipotesi di trasformazione di questo comparto urbano. Le ragioni sono molteplici ma due sono prevalenti: la mancata sostenibilità economica dell'intervento e l'elevata frammentazione della proprietà di natura privata.

Entrambe le osservazioni hanno un fondamento oggettivo, ma ritenere che non via siano soluzioni, significa accettare che una parte consistente delle nostre città, nata come risposta a dinamiche di sviluppo sociale ed economico radicalmente differenti rispetto alle istanze contemporanee, sia inevitabilmente destinata ad un graduale processo di decadimento nel prossimo futuro, quello prefigurato nell'arco di tre decenni così come temporalmente definito dagli obiettivi politici stabiliti dalle direttive UE.

È allo stesso modo evidente che un cambio di paradigma che ponga al centro la qualità degli stili di vita delle persone connessa ai principi della sostenibilità ambientale, richieda la messa in campo di un modello di sviluppo pubblico-privato a lungo termine fondato su una diversa politica degli incentivi, sia finanziari che regolamentatori.

La prima questione della mancata sostenibilità economica di interventi di sostituzione edilizia a scala urbana è dibattuta da almeno venti anni in ambito accademico e non solo. L'orientamento generale, prima dell'entrata in vigore dell'Ecobonus e Superbonus 110% che ha compreso al suo interno anche la categoria della demolizione e ricostruzione secondo modalità più flessibili ed attuabili, era quello di considerare tale soluzione applicabile solo in condizioni dettate dalla presenza di specifici vincoli, quindi non trasferibile in forma estesa alla scala della città. I fondamenti di questa analisi e dei relativi esiti sono abbastanza semplici e comprensibili.

Le considerazioni sulla convenienza economica della sostituzione edilizia possono essere in prima istanza valutate applicando una semplice relazione: $I_p/I_t > b/a$; dove: I_p = indice di fabbricabilità; I_t = la densità di edificazione della situazione originaria; a = coefficiente di incidenza area, funzione del valore economico dell'area soggetta a trasformazione; b = rapporto tra il valore economico di mercato dell'edificio esistente e quello di nuova costruzione. Tra-

dotto in termini qualitativi significa che la convenienza economica si ottiene solo se il potenziale di densificazione dell'area stabilito dal piano urbanistico (Ip/It), risulti maggiore del coefficiente (b/a) determinato dal rapporto tra il valore economico dell'edificio esistente rispetto a quello del sedime su cui è edificato (nell'ottica di sostituzione edilizia nella stessa area) (cfr. Realfonzo 1994, 111 sgg.; Micelli 2011).

Tenendo conto che il valore economico delle aree edificabili in contesti urbani ad alta densità oscilla mediamente il 25-30% del valore economico del bene finito (edificio) e che l'incremento di valore è mediamente proporzionale alla distanza rispetto al nucleo centrale, il rapporto (b/a) è compreso in una forchetta che oscilla tra un minimo di 1,5 per le zone centrali ed un massimo di 3,5 per quelle periferiche, sempre considerando che tale variabilità è anche condizionata dallo stato manutentivo dell'immobile, che è direttamente proporzionale all'incremento del rapporto b/a.

Da ciò ne consegue che il modello della sostituzione edilizia si può considerare applicabile solo nelle aree in cui gli strumenti urbanistici prevedano significativi incrementi di cubatura rispetto alle condizioni originarie. Per questa ragione i mercati immobiliari hanno fino ad oggi fortemente limitato la possibilità di operare in contesti ad elevata densità come quelli che connotano la cintura urbana in cui insistono i comparti edilizi residenziali realizzati nei decenni dello sviluppo economico della metà del secolo scorso. Seppure queste aree rispondano all'istanze delle Amministrazioni Pubbliche di soddisfare una maggiore ottimizzazione nell'erogazione dei servizi per numero di abitanti e nelle dotazioni infrastrutturali, permane comunque il nodo problematico della quota di valore accreditata a questo patrimonio, che non è facilmente compensabile se non con quote significative di incremento della densità edilizia, non sempre compatibili con le condizioni urbanistiche.

Secondo questa prospettiva, basata sulla logica della rendita economico-finanziaria propria del mercato immobiliare, non vi sono quindi grandi margini operativi. L'individuazione di possibili soluzioni deve quindi seguire un percorso alternativo, istituendo un diverso paradigma che preveda l'adozione di specifici strumenti regolamentari, finanziari e fiscali, soprattutto di natura compensativa.

La seconda obiezione riguardante la frammentazione della proprietà di natura privata ha due primarie ricadute. La prima sulla mancanza di strumenti normativi e la seconda sugli aspetti di natura operativa. Entrambe hanno una valenza di ordine sociale e dunque indubbiamente prevalente su ogni altra valutazione. Il primo nodo problematico è infatti costituito dal dover liberare, temporaneamente o stabilmente, le abitazioni.

Questa è la principale motivazione a supporto delle pratiche conservative soggette a bonus edilizi che infatti sono quasi esclusivamente circoscritte alla riqualificazione degli involucri, dunque, senza operare all'interno delle abitazioni ma che proprio per questo, non rispondono alla tipologia della 'ristrutturazione profonda' come indicato dai modelli di valutazione degli impatti ambientali ed energetici su cui sono basate le stime previsionali sulla riduzione dei valori di emissioni di CO₂ indicate nello stesso STREPIN.

Se da un lato tali simulazioni consentono di individuare il range entro cui misurare i livelli di sostenibilità economica nel rispetto dei vincoli normativi, rimane comunque aperta la tematica di ordine operativo su come attuare il trasferimento temporaneo degli abitanti nella fase di demolizione e costruzione. Dinamiche complesse, la cui articolazione risponde alla variabilità delle logiche di contesto non semplificabili in formule generali. Al contempo sono proprio gli strumenti pianificatori in capo alle Amministrazioni Pubbliche quelli che possono orientare le politiche di indirizzo nel medio e lungo periodo al fine di formulare risposte sistemiche alle tematiche di ordine sociale ed ambientale².

² Gli esempi non sono numerosi, ma alcuni già in corso testimoniano come la problematica di ordine sociale correlata al trasferimento temporaneo o permanente degli abitanti sia attuabile entro determinate condizioni. È il caso dell'intervento di rigenerazione urbana promosso a Torino in corso Racconigi 25. Il complesso, realizzato negli anni '20 con riferimenti stilistici al liberty piemontese, è costituito da 8 edifici per un totale di 347 unità abitative. In conseguenza dell'insorgenza di importanti criticità di ordine strutturale, oltre che di natura funzionale, è stato oggetto di un intervento radicale che ha richiesto il trasferimento temporaneo degli abitanti, tra cui affittuari e proprietari, nell'arco di tre anni, dal 2018 al 2021. Un esempio virtuoso che ha beneficiato degli incentivi fiscali del Superbonus 110, oltre che quelli pubblici del Programma Innovativo nazionale per la Qualità dell'Abitare (PINQUA) e dei fondi del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE), essendo di pro-

Questo ultimo aspetto richiama una questione a carattere generale che si ritiene essenziale perché induce a riflettere su quali siano i quadri esigenziali contemporanei associati agli stili di vita degli abitanti e ai contesti urbani in cui vivono. L'aver confinato il tema della sostenibilità degli edifici soprattutto ad una valutazione del binomio consumi-impatti, costituisce infatti un limite rispetto ad una visione che, a partire dall'assunzione di entrambi gli aspetti come presupposti, si interroga sul sistema di relazioni che si innescano con il contesto in termini di processi finalizzati alla funzionalità dell'abitare, tra cui in primis quelli dei servizi. Concetti sicuramente non nuovi ma che oggi trovano una diversa giustificazione ed anche una differente implementazione delle azioni da attuare.

Cosa si intende dunque quando si parla di servizi per l'abitare? In senso lato tutto ciò che permette di garantirne la funzionalità nel rispetto di un determinato quadro di necessità, anche quelle che si sono modificate nel corso del tempo. Le primarie sono: la logistica, la salubrità, la sicurezza, la cura. La qualità architettonica a cui spesso si guarda come espressione ultima e definitiva dell'attività progettuale, è sicuramente un presupposto indispensabile ma al contempo non esaustivo.

Il vero tema della città contemporanea e delle sue capacità di sviluppo futuro passa oggi attraverso le maglie di una riflessione allargata all'ecosistema urbano, dove confluiscono le molteplici istanze indotte da nuovi modelli sociali, in rapida e continua evoluzione, che richiedono risposte aggiornate ai temi della qualità degli stili di vita, al rispetto dell'ambiente, alle politiche delle risorse e dei consumi, non più procrastinabili.

prietà dell'Agenzia Territoriale per la Casa del Piemonte Centrale, per un costo complessivo stimato di 50 milioni di euro. La tipologia di intervento per sette edifici è classificabile come *deep renovation* in quanto prevede il consolidamento delle strutture orizzontali e verticali, la sostituzione di tutti gli infissi esterni, l'installazione di un nuovo impianto di riscaldamento e acqua calda centralizzato con distribuzione a pavimento tramite sistema ibrido a pompa di calore, mentre per l'ottava palazzina è prevista la demolizione e la sostituzione con un nuovo edificio che oltre a garantire standard abitativi di qualità ed elevate performance energetiche, dispone di spazi comuni dedicati alle attività di socializzazione del quartiere.

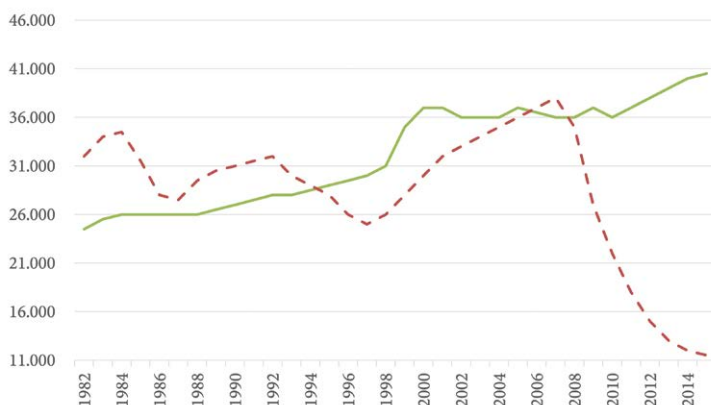


Grafico 4.4 – Investimenti in edilizia residenziale 1982-2016. Milioni di euro prezzi 2005. Il grafico mostra l'andamento riferito al comparto del rinnovo (linea marcata) e della nuova costruzione (linea sottile). Appare evidente il collasso del secondo ambito con la crisi immobiliare del 2007, con un decremento che in valore assoluto si attesta intorno al 70%, passando da circa 35.000 abitazioni nel 2008 a 11.000 nel 2020.

Volendo allargare l'orizzonte ad una dimensione globale, il Giappone è uno dei paesi avanzati in cui è presente una forte propensione alla sostituzione edilizia. Le ragioni sono molteplici e non possono essere assunte come modello a validità generale, ma solo come contributo alla riflessione sul piano delle strategie a medio e lungo termine. A Tokyo, una megalopoli di circa 37 milioni di abitanti, i tassi di inquinamento, sono inferiori a quelli di Milano³. Ciò è il risultato di un piano che è stato varato a partire dagli anni Sessanta del Novecento, con una accelerazione negli ultimi venti anni in termini di riduzione dell'uso del gasolio, soprattutto nel trasporto. Le strade dei distretti centrali sono infatti sostanzialmente libere dal traffico e le auto in sosta, non sono parcheggiate ai bordi delle strade, ma impilate in strutture multipiano per ridurre l'ingombro.

³ Tokyo PM2 index 2023: 9,7; Milano: 19 (cfr. il sito di IQ Air Quality: <<https://www.iqair.com>>).

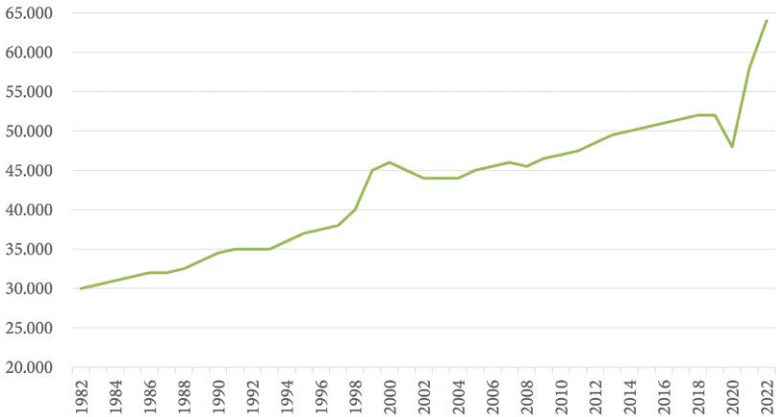


Grafico 4.5 – Investimenti in riqualificazione di edilizia residenziale - milioni di euro a prezzi 2015. Il grafico mostra l'andamento del comparto della riqualificazione fino al 2022 con una tendenza di crescita dopo il 2020 dettata dall'attuazione dei bonus edilizi dell'Eco-bonus, Bonus Facciate e parzialmente del Superbonus 110%. Fonte: dati e stime Cresme. Cfr. Camera dei deputati 2021, 19 e n. 32/3.

Poi la casa. La regola è che il valore economico è dato da ciò che sta sotto non sopra. La risorsa è la proprietà dell'area, ma qui, a differenza della condizione speculativa di alcune realtà americane, la questione dirimente è data dalla densità abitativa, circa il doppio di quella italiana. Il modello sociale si fonda infatti sul riconoscimento di un ordine superiore, una logica di sistema che sovrintende i bisogni individuali, dove grande rilevanza è assegnata all'etica del lavoro e alla tutela della salute.

Ogni confronto con la realtà del nostro paese risulterebbe ovviamente inutile. Le differenze sono strutturali, così come le contraddizioni di cui, inevitabilmente, ogni modello sociale è portatore⁴. Al contempo è indubbio che alcune dinamiche di sviluppo, fondate su una economia di mercato, siano oggi influenzate da specifiche inva-

⁴ Con effetti che non sono tutti virtuosi come l'elevato tasso di suicidi e la bassa natalità.

rianti, come la salvaguardia ambientale e la qualità degli stili di vita delle persone, che sono due delle primarie istanze correlate ai principi della sostenibilità di ogni azione misurata a scala urbana.

Secondo questo presupposto, nel caso dell'Italia, il paradigma della sostituzione, in antitesi a quello della riqualificazione, del patrimonio edilizio residenziale che conta più di sessant'anni di vita, è una di queste istanze.

Come già rilevato in precedenza, la crisi edilizia che ha investito il nostro paese nel 2009, a valle di quella della bolla immobiliare statunitense, ha di fatto decretato, il blocco della costruzione di nuovi edifici per la residenza. Dalle 34.700 nuove abitazioni realizzate nel 2008, si è passati alle 11.300 nel 2020. Dunque, una riduzione di circa il 70%. Le ragioni che hanno determinato tale effetto recessivo sono ovviamente molteplici e derivanti da fattori di natura estesa, sia endogeni che esogeni.

L'Italia è uno dei pochi paesi in cui la proprietà della casa si attesta su valori dell'ordine dell'80% dell'intero patrimonio e che la tipologia residenziale costituisce, come detto, circa il 70% della superficie totale del parco immobiliare italiano. Ciò comprende sia la prima casa che la dotazione in termini di investimento, con un valore complessivo stimato di oltre 5 miliardi di euro per una superficie complessiva di 2870 milioni di mq di superficie (1700 €/mq). Nel confronto con gli altri paesi europei l'Italia si attesta al terzo posto, dopo la Germania con circa 9 miliardi di euro per un patrimonio di 4200 milioni di mq (2100 €/mq) e la Francia di 8 miliardi per 3400 milioni di mq (2300 €/mq).

Tale scostamento dei valori, oltre che ad essere correlato al costo della vita, deriva sia dal differente incremento percentuale del comparto delle nuove costruzioni negli ultimi venti anni che in Italia è stato in media del 5% e negli altri paesi di circa il triplo, sia dal grado di vetustà che connota la condizione media degli edifici. Vi è poi l'altro fattore conseguente alla elevata parcellizzazione della proprietà che inibisce operazioni di trasformazione a scala urbana promosse da operatori privati.

Di contro è anche evidente che proprio la proprietà immobiliare privata è l'asset fondamentale su cui transita ogni misura di natura sistemica, poiché il patrimonio pubblico ammonta a solo circa

il 4% dell'intero stock edilizio, rispetto al 16,5% della Francia e al 17,5% del Regno Unito (cfr. Housing Europe 2019). In altri termini, anche se le politiche della casa devono necessariamente seguire un processo di incremento della quota destinata alle fasce sociali svantaggiate o in generale a sostegno di una gestione pubblica, è evidente che tali misure non genererebbero un impatto significativo sui centri urbani che sono invece influenzati per circa l'80% dall'edilizia privata.

Una dinamica che interessa in prevalenza i grandi centri urbani dove si concentra la maggiore densità abitativa, con il 70% della popolazione che vive in 100 città e della quale, circa l'80%, in zone periferiche (Camera dei deputati 2017, 7).

È quindi evidente che il nodo centrale per ogni ipotesi di miglioramento degli eco sistemi urbani, sia in termini di qualità abitativa che di impatto ambientale, passi da una radicale e sistemica azione di trasformazione edilizia e urbanistica delle aree ad alta densità abitativa situate nella cintura esterna ai centri storici, in cui vive mediamente i 2/3 della popolazione residente (Camera dei deputati 2017, 7).

La salvaguardia ambientale, a cui generalmente ci si riferisce pensando solo ai beni paesaggistici e naturalistici, è infatti un concetto più esteso e che riguarda in primis la salute e il benessere degli individui nel rapporto con i luoghi in cui abitano. I quartieri realizzati negli anni dello sviluppo urbanistico, dagli anni Quaranta agli anni Settanta, rappresentano infatti uno degli habitat sociali più degradati per i quali le ricette del *rammendo* appaiono solo un bel slogan mediatico per la categoria dei benpensanti, mentre è evidente che il problema è di natura strutturale essendo stati concepiti per rispondere ad un quadro esigenziale completamente differente ed incompatibile con una visione odierna e futura dell'abitare.

Le mutazioni demografiche della popolazione, con la riduzione dei componenti dei nuclei familiari e l'aumento delle attese di vita, sono fattori che incideranno, nell'arco dei prossimi decenni, in misura determinante sulla attuale fisionomia del parco edilizio, sia sotto il profilo dei servizi che in quello dei caratteri dimensionali e topologici delle abitazioni.

Ciò è stato reso ancora più evidente a seguito dell'emergenza sanitaria, riportando al centro dell'attenzione il tema della qua-

lità dell'abitare e dell'organizzazione dei servizi, soprattutto di prossimità⁵.

Ogni riflessione aperta sulla città contemporanea deve quindi necessariamente partire da qui, da un piano di finanza pubblica che favorisca – in termini fiscali, regolamentatori e patrimoniali – l'inesco di modelli virtuosi promossi in sinergia con attori privati *per operare alla scala degli isolati*, secondo una successione gerarchica di necessità ed opportunità dettata dalle specifiche condizioni contestuali. La definizione teorica ed operativa di tali modelli è ovviamente complessa e richiede lo sviluppo di analisi che attraversano i campi della tecnica, della finanza e della società all'interno del dominio dell'etica ambientale di cui sono parte integrante⁶.

La scelta di operare alla scala dell'isolato urbano è infatti dirimente ed induce a riportare in luce il tema della progettazione degli insediamenti residenziali ad elevata densità abitativa della prima fascia di espansione edilizia della metà del Novecento. Qui, infatti, come già rilevato, si concentrano i maggiori valori fondiari, essendo queste aree nate a valle del processo di ricostruzione del secondo dopoguerra e del boom demografico e edilizio degli anni Sessanta. Luoghi che potremmo definire come 'periferie temporali', ovvero distanti nel tempo ma non nello spazio, essendo generalmente situate, come detto, in un raggio inferiore ai cinque chilometri dai nuclei storici.

Un modello complementare al mainstream dominante della riqualificazione edilizia a cui, spesso impropriamente, si fa poi discendere quella urbanistica a cui si correla anche il più generale termine di rigenerazione. Come tutti i sistemi complessi, ogni riflessione aperta

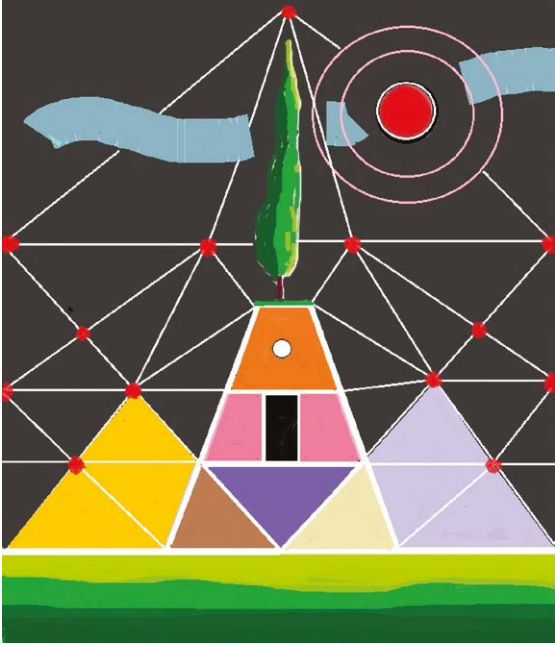
⁵ In un sondaggio svolto nel 2020, emerge una chiara tendenza per modelli abitativi che usufruiscano dell'integrazione tra servizi ed ambiente. Il 62% prenderebbe in considerazione, a parità di spesa, di vivere in una zona più periferica rispetto a quella in cui attualmente risiede per una casa più grande. Al primo posto delle preferenze gli spazi verdi (60%), al secondo posto il supermercato (58%), al terzo posto negozi e servizi (51%), al quarto i mezzi pubblici (48%). Sondaggio promosso da Casa.it, "La casa che vorrei" su un campione di 22.000 intervistati e pubblicato in occasione della Giornata Nazionale della casa, 1° ottobre 2020.

⁶ Tale tematica è parte di specifici contributi scientifici pubblicati in bibliografia e reperibili al seguente link: <<https://www.unibo.it/sitoweb/riccardogulli/pubblicazioni>>.

che intenda promuovere azioni strutturali mirate ad obiettivi di sistema misurabili in termini di costi-benefici, deve necessariamente attivare politiche di lungo periodo che siano in grado di intercettare le istanze che provengono dalle dinamiche di mutazione dei modelli socioeconomici, oggi strettamente correlate alle tematiche degli stili di vita e della tutela ambientale.

Non sono ricette semplici e che purtroppo, proprio per la loro complessità, vengono spesso eclissate in favore di soluzioni di più facile applicazione nel breve periodo, come la politica di incentivi fiscali correlati al tema della riqualificazione energetica degli edifici. L'adozione dei bonus fiscali che conta una storia di venticinque anni, è indubbiamente una misura che ha prodotto effetti positivi, sia sotto il profilo economico produttivo, sia in termini di miglioramento delle condizioni abitative e dei consumi energetici. Ma oggi è necessario evidenziarne anche le criticità, soprattutto se queste non sono solo espressione del passato ma riguardano le prospettive future.

In altri termini, la sostituzione edilizia in luogo della riqualificazione conservativa deve essere vista come espressione di una visione di progresso fondata sulle tematiche della transizione ecologica ed energetica delle nostre città, non solo come obiettivo, ma come un necessario presupposto.



Riccardo Gulli, *Order of things*. Tecnica digitale, 2025. © Riccardo Gulli.

L'energia *non* è al primo posto

Ritorniamo dunque all'*incipit* di questa trattazione, ovvero alla EPBD 1275/2024 a cui gli stati membri dovranno adeguarsi nel prossimo futuro per soddisfare gli obiettivi di decarbonizzazione del patrimonio edilizio.

Tale direttiva non ha però come focus gli edifici, ma solo gli aspetti energetici a questi correlati. Anche se tale considerazione può apparire pleonastica ed irrilevante rispetto alle finalità, è in realtà centrale per gli effetti che ne derivano perché generati da una visione che manifesta un duplice *vulnus*: da un lato sconta un approccio basato sull'adesione a principi, che spesso inducono a privilegiare gli aspetti teorici a discapito di una effettiva efficacia delle soluzioni; dall'altro fissa una gerarchia di importanza ponendo «l'efficienza energetica al primo posto»¹, ovvero subordinando ogni considerazione sullo *sta-*

¹ Il principio dell'efficienza energetica al primo posto viene così definito al comma 38, EPBD 1275/2024 (Unione Europea 2024) che recita: «Il principio “l'efficienza energetica al primo posto” è un principio generale che dovrebbe essere tenuto in considerazione in tutti i settori, al di là del sistema energetico, a tutti i livelli. È definito all'articolo 2, punto 18), del regolamento (UE) 2018/1999 come inteso a tenere nella massima considerazione, nelle decisioni di pianificazione energetica,

tus del patrimonio solo ed esclusivamente ad una valutazione prestazionale dei consumi e delle relative emissioni². I punti di attenzione sono molteplici e per ragioni di sintesi si riportano solo quelli ritenuti maggiormente rilevanti per le finalità della presente trattazione.

L'impianto teorico della direttiva segue sia l'indirizzo prefigurato dal documento collegato al Green Deal dell'ottobre del 2020 (cfr. Commissione Europea 2020 COM/2020/662 final), sia le altre proposte che fanno parte del pacchetto legislativo "Pronti per il 55%", come la revisione delle direttive 2003/87/CE (1), 2012/27/UE (2), 2014/94/UE (3) e (UE) 2018/2001 (4) del Parlamento europeo e del Consiglio³.

di politica e di investimento, le misure alternative di efficienza energetica efficienti in termini di costi volte a rendere più efficienti la domanda e la fornitura di energia, in particolare per mezzo di risparmi negli usi finali dell'energia efficienti in termini di costi, iniziative di gestione della domanda, e una maggiore efficienza nella conversione, trasmissione e distribuzione di energia, che consentano comunque di conseguire gli obiettivi di tali decisioni. Il principio è pertanto altrettanto pertinente per quanto riguarda il miglioramento della prestazione energetica degli edifici ed è indicato nella strategia «Un'ondata di ristrutturazioni» come uno dei principi fondamentali per la ristrutturazione degli edifici a orizzonte 2030 e 2050. Come indicato nella raccomandazione (UE) 2021/1749 della Commissione (18), il miglioramento della salute e del benessere è uno dei benefici accessori più importanti dell'applicazione del principio "l'efficienza energetica al primo posto" per migliorare la prestazione energetica degli edifici».

² Una visione che è anche figlia di un processo di settorializzazione dei saperi disciplinari e che nello specifico ha accreditato la paternità delle competenze in questo settore, definito della Building Science, che elaborano i modelli numerici su cui poi sono fissati i limiti prestazionali indicati nelle norme e dei relativi software di calcolo ma che, di contro, poco sanno delle problematiche di progettazione, costruzione, tutela e gestione dell'ambiente costruito, di cui il patrimonio edilizio è parte.

³ 1) Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003, che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra nell'Unione e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio (GU L 275 del 25 ottobre 2003, p. 32). 2) Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE (GU L 315 del 14 novembre 2012, p. 1). 3) Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (GU L 307, del 28 ottobre 2014, p. 1). 4) Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (GU L 328 del 21 dicembre 2018, p. 82).

Una prima finalità dichiarata è quella di natura sociale, in quanto viene sostenuto che

Gli incentivi finanziari e altre misure politiche dovrebbero quindi essere destinati in via prioritaria alle famiglie vulnerabili, alle persone in condizioni di povertà energetica e alle persone che vivono in alloggi di edilizia popolari (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, comma 63).

Tale aspetto è declinato in termini di «povertà energetica» (cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 2 comma 27) e alla condizione di inefficienza prestazionale rispetto al quadro normativo vigente in materia energetica, stimato al 75% dell'intero del patrimonio edilizio.

Tutto ciò si giustifica, secondo questa visione, perché questo patrimonio «sarà ancora in piedi nel 2050» e che siccome

il tasso ponderato annuo di ristrutturazione energetica è persistentemente basso, intorno all'1%, [...] al ritmo attuale la decarbonizzazione dell'edilizia richiederà secoli. Promuovere e sostenere la ristrutturazione degli edifici, ad almeno il triplo dell'attuale tasso di ristrutturazione, compreso il passaggio a sistemi di riscaldamento a zero emissioni, è pertanto un obiettivo fondamentale della presente direttiva (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, comma 24).

Porre in prima evidenza la ricaduta sociale delle misure e delle finalità, sposando la causa della popolazione meno abbiente e le condizioni di degrado abitativo, non può che essere condivisa nella sua formulazione di principio, al pari di ogni forma di disuguaglianza di natura umanitaria. Va però compreso se tali indicazioni siano solo espressione di enunciazioni politiche di intenti, spesso distanti dall'efficacia operativa delle azioni prefigurate, soprattutto se misurate in termini di benefici reali per la collettività e per la tutela dell'ambiente.

Partiamo quindi dal primo assunto riguardante l'attenzione posta ai «50 milioni di persone che vivono in condizioni di povertà energetica» e alle «classi di prestazione energetica degli edifici, in particolare per quanto riguarda le zone rurali e isolate».

È evidente che il problema non riguarda le emissioni, dato che non si può pensare che il principale problema possa essere l'impiego di fonti energetiche ad alto impatto, ma le condizioni di vita associate

allo stato di degrado dei luoghi che queste persone abitano, sia alla dimensione della singola abitazione che alla scala urbana e delle relative dotazioni infrastrutturali.

Sono chiaramente questi i primari fattori che decretano il valore di un cespite immobiliare e che si correlano anche alla capacità reddituale degli abitanti. Considerare la questione energetica come leva per modificare tale *status*, è indubbiamente espressione di una visione parziale, soprattutto se questa viene incardinata ad obiettivi di sistema che prevedono l'applicazione della 'ristrutturazione profonda'⁴, di cui si dirà poi.

L'interrogativo, dettato solo dal buon senso comune, indurrebbe infatti a chiedersi: ma in presenza di edifici vetusti, di scarsa qualità costruttiva, strutturale e manutentiva, ubicati in aree marginali, magari anche privo di dotazioni infrastrutturali e di servizio, ha senso intervenire con investimenti cospicui (anche se interamente a carico della finanza pubblica), per garantire un miglioramento del comfort abitativo attraverso l'efficientamento energetico e motivando questo come misura che fornisce un contributo significativo all'abbattimento delle emissioni di CO₂?

Il dubbio appare legittimo, in quanto è difficile pensare che in queste condizioni di povertà, sia patrimoniale che reddituale, tali misure siano giustificabili, non solo perché non attuabili anche se fossero interamente sostenute dalla finanza pubblica, ma anche perché del tutto irrilevanti rispetto ai presupposti della neutralità climatica entro 2050. Nessun investimento sulla ristrutturazione, per lo più se

⁴ «Il concetto di "ristrutturazione profonda" non è ancora stato definito nel diritto dell'Unione. Ai fini di una visione a lungo termine per gli edifici, la "ristrutturazione profonda" dovrebbe essere definita come una ristrutturazione che trasforma gli edifici in edifici a emissioni zero ma, in una prima fase, come una ristrutturazione che li trasforma in edifici a energia quasi zero. Questa definizione serve a migliorare la prestazione energetica degli edifici. Una "ristrutturazione profonda" a fini di prestazione energetica può anche rappresentare un'opportunità da cogliere per riuscire a far fronte ad altri aspetti: la qualità degli ambienti interni, le condizioni di vita delle famiglie vulnerabili, l'aumento della resilienza ai cambiamenti climatici, la resilienza ai rischi di catastrofi, resilienza sismica compresa, la sicurezza antincendio, l'eliminazione delle sostanze pericolose, tra cui l'amianto, l'accessibilità per le persone con disabilità». Cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, comma 45.

‘profonda’, infatti è giustificabile se il valore dell’immobile, correlato alle condizioni di precarietà sopra enunciate, è basso.

Ciò è attestato anche dal documento ministeriale STREPIN, già citato all’inizio, che fornisce con chiarezza quali siano i limiti delle misure di riqualificazione energetica, escludendo la sostenibilità di interventi sull’involucro edilizio che risulta «ottimale soltanto per i nuovi edifici e solo in pochi casi per quelli esistenti, principalmente risalenti all’epoca di costruzione compresa tra il 1946 ed il 1976» (Ministero dello Sviluppo Economico 2020, 29).

Il vulnus che informa l’impianto della Direttiva nasce proprio dall’accettazione di un presupposto oltremodo fuorviante, ovvero che la fissazione di un solo standard prestazionale, nel caso di specie quello correlato alla valutazione delle prestazioni energetiche, possa essere considerato come prevalente su ogni parametro che determina la condizione di esercizio e valore di un edificio, ciò che appunto è definito dalla sua *vita utile*, ovvero il lasso di tempo entro il quale l’edificio o le sue parti conservano livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di norma, senza dover eseguire interventi di natura strutturale o di ristrutturazione dell’organismo edilizio⁵.

Questo approccio pone in chiara evidenza l’importanza assunta dai saperi specialistici rispetto alla comprensione della complessità dei fenomeni, giungendo a formulare modelli teorici, non sempre aderenti alla realtà che vorrebbero rappresentare.

Il caso italiano delle incentivazioni fiscali dei bonus edilizi per gli interventi di ristrutturazione degli immobili parametrati alla classe di reddito dei contribuenti è in tal senso alquanto indicativo. Lo studio svolto dal Cresme, riguardante l’anno 2020,

⁵ Con questo termine si intende quanto definito dal Testo Unico dell’Edilizia D.P.R. 380/01 (Presidenza della Repubblica 2001 art. 3, comma 1, lettera d): «interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell’edificio, l’eliminazione, la modifica e l’inserimento di nuovi elementi ed impianti. Nell’ambito degli interventi di ristrutturazione edilizia sono ricompresi anche quelli consistenti nella demolizione e ricostruzione con la stessa volumetria e sagoma di quello preesistente, fatte salve le sole innovazioni necessarie per l’adeguamento alla normativa antisismica».

evidenza come tali provvedimenti fiscali non abbiano agevolato proporzionalmente le fasce economiche dei contribuenti, bensì assumano una dimensione fiscale di “antiprogessività” agevolando in misura crescente i redditi elevati, sia per numerosità di ricorso agli incentivi, sia per importo dei lavori⁶.

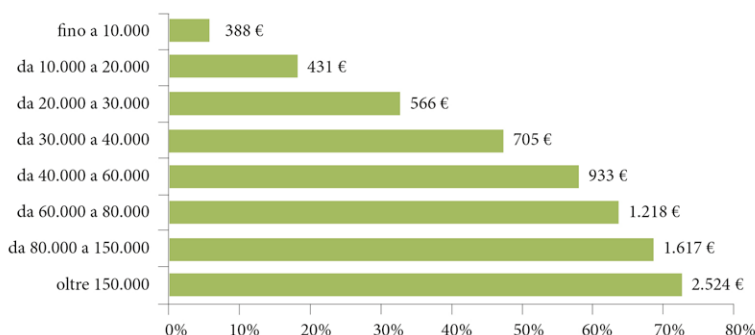


Grafico 5.1 – Fruizione del Bonus ristrutturazioni (50%) per classi di reddito dei contribuenti – percentuali di fruizione (barre) e importo della detrazione annua (etichette). Anno d’imposta 2019. Fonte: Camera dei deputati 2021, 11, graf. 5.

Allo stesso modo l’analisi sviluppata da Nomisma sulla misura del Superbonus 110%, il cui obiettivo dichiarato è stato quello permettere la ristrutturazione della casa sostenuto quasi interamente dalla finanza pubblica, riferisce che almeno il 25% dei beneficiari della misura detenesse un reddito superiore ai 3000,00 €/mese e che il profilo dei beneficiari fosse

prevalentemente rappresentato da impiegati (nel 28% dei casi), residenti in comuni con un numero di abitanti compreso tra 40.000 e 100.000 abitanti (15%) e proprietario di un appartamento in condominio composto al massimo da 8 unità abitative (25% del totale) (Nomisma 2023).

⁶ L’accesso agli incentivi per redditi inferiori a 10.000 € è dell’ordine del 5% della popolazione di tale fascia di reddito, per un importo medio di detrazione di 488,00 €, mentre per redditi superiori a 150.000 €, il rapporto percentuale sale sopra il 70% con un importo medio di detrazione pari a 2524,00 €. Cfr. Camera dei deputati 2021, 11, graf. 5.

Queste sintetiche rilevazioni sono già sufficienti per rappresentare come l'incrocio tra requisiti ed esigenze nel campo della ristrutturazione edilizia sia primariamente determinato dal valore economico del bene e dalla capacità reddituale degli abitanti, che corrispondono mediamente anche allo standard qualitativo complessivo dell'immobile.

I 35 milioni di immobili a cui si riferisce la direttiva non sembrano quindi rappresentare per il caso italiano una categoria significativa, anzi del tutto marginale rispetto agli obiettivi indicati. Il focus tematico è infatti un altro e per il quale la 'povertà energetica' non costituisce sicuramente un fattore prioritario per le istanze sociali ed ambientali a cui la stessa Direttiva pone come presupposto delle misure da attuare⁷.

È infatti indubbio che il nodo più rilevante sotto il profilo delle ricadute sociali sia quello dove più elevata è la densità abitativa, ovvero le città, con una differenziazione dimensionale determinata dal numero di abitanti per metroquadro, ovvero le grandi città, i centri medi e piccoli, i sobborghi delle grandi città e infine le aree rurali.

Le grandi città sono convenzionalmente definite dall'aver almeno il 50% della popolazione residente in aree con una densità abitativa di almeno 1500 abitanti per kmq e che contengano almeno 50.000 abitanti. Le città medie e piccole e sobborghi quelle con meno del

⁷ «Gli edifici inefficienti sono spesso legati alla povertà energetica e a problemi sociali. Le famiglie vulnerabili sono particolarmente esposte all'aumento dei prezzi dell'energia, in quanto spendono una quota maggiore del loro bilancio in prodotti energetici. Riducendo gli importi eccessivi delle bollette energetiche la ristrutturazione edilizia può sollevare le persone dalla povertà energetica e può anche prevenirla. Nondimeno, la ristrutturazione degli edifici non è gratuita ed è essenziale garantire che l'impatto sociale dei costi di ristrutturazione sia tenuto sotto controllo, con particolare riguardo alle famiglie vulnerabili. La strategia per l'ondata di ristrutturazioni non dovrebbe lasciar indietro nessuno e dovrebbe essere colta come un'opportunità per migliorare le condizioni di vita delle famiglie vulnerabili e assicurare una transizione equa verso la neutralità climatica. Gli incentivi finanziari e altre misure politiche dovrebbero quindi essere destinati in via prioritaria alle famiglie vulnerabili, alle persone in condizioni di povertà energetica e alle persone che vivono in alloggi di edilizia popolare, e gli Stati membri dovrebbero adottare misure per prevenire gli sfratti dovuti alle ristrutturazioni, come limiti agli aumenti dei canoni di locazione». Cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, comma 63.

50% di persone che vivono in aree con una densità di popolazione inferiore a 1500 abitanti per kmq. E poi le zone rurali in cui più della metà dei residenti vive in zone con una densità inferiore a 300 abitanti per kmq e meno di 5.000 persone.

La distribuzione della popolazione residente in Italia vede per circa il 75% una presenza nelle prime due categorie (34,3% nelle grandi città e il 41,2% in città medio-piccole e sobborghi) e il restante 25% nelle aree di campagna. Il dato delle città medio-piccole e sobborghi è circa di 10 punti superiore alla media europea che si attesta intorno al 31%⁸.

Tabella 5.1 – Popolazione residente nei capoluoghi di città metropolitane, per indice di centralità (in migliaia).

Comune	≥1	1-1,5	≤1,5	
	Aree periferiche	Aree intermedie	Aree attrattive/centrali	
Genova	71,0	10,2	18,9	100,0
Torino	67,8	14,5	17,7	100,0
Milano	44,2	22,7	33,1	100,0
Venezia	47,2	0,0	52,8	100,0
Bologna	68,9	10,6	20,5	100,0
Firenze	71,4	8,7	19,9	100,0
Roma	69,3	15,5	15,2	100,0
Napoli	60,7	16,3	23,1	100,0
Bari	52,9	15,4	31,6	100,0
Reggio Calabria	78,7	9,2	12,1	100,0
Palermo	54,8	21,0	24,3	100,0
Messina	69,6	3,5	26,9	100,0
Catania	41,9	0,0	58,1	100,0
Cagliari	34,2	29,7	36,0	100,0
TOTALE	61,5	14,9	23,6	100,0

Fonte: Camera dei deputati 2017, 7.

⁸ Mentre i paesi dell'Est Europa come Romania, Slovenia, Slovacchia, Polonia o anche la Lituania, si distinguono ancora per l'elevata percentuale di abitanti residenti in zone rurali rispetto alla media europea, con valori superiori al 40% della popolazione per arrivare poi alla Lituania che prevede una percentuale ancora maggiore.

Pertanto, come riferito dal rapporto delle Nazioni Unite (United Nations 2018), in Italia sette persone su dieci risiede in città, con una tendenza crescente e rapida attestata dal flusso di circa dieci persone su mille che si spostano dai borghi rurali e che porta a prevedere che entro il 2050 l'80% delle persone vivrà in città, al pari di quanto previsto anche per la media europea. Secondo questa stima l'incremento della popolazione residente in Italia riguarderà le città che misurano dai 300.000 a 1.000.000 di abitanti, ribadendo il dato sopra evidenziato della prevalenza della pezzatura medio-piccola della città.

Tali dati trovano poi un ulteriore riscontro con lo studio svolto per conto della Commissione Parlamentare nel 2017 in merito allo stato delle periferie italiane, già citato in precedenza. La locuzione di periferia viene qui intesa non semplicemente come un habitat

distante dal nucleo storico della città o come polarità opposta alle aree centrali, ma come una condizione trasversale che intanto riguarda l'espansione fisica delle città, particolarmente pronunciata negli ultimi due decenni, ma che comprende tutte quelle zone più densamente popolate, dove sono riscontrabili fenomeni di degrado, di marginalità, di disagio sociale, di insicurezza e di povertà. [...] Le periferie sono anche il luogo del disagio sociale, e pertanto ogni iniziativa volta a migliorarne le condizioni dovrà collocarsi all'incrocio fra diverse azioni, da quelle per la riqualificazione territoriale alle politiche per l'abitare, alle politiche sociali e per la sicurezza (Camera dei deputati 2017, 3).

In Italia, su una popolazione complessiva di circa 60 milioni di abitanti, più di 1/3 risiede nelle 14 città metropolitane ed 1/6 nei capoluoghi di provincia. La tendenza, misurata al 2017, vede «le città capoluogo con maggiori dinamiche demografiche e quindi più elevata attrattività nei poli dei tre maggiori sistemi metropolitani»⁹.

⁹ In particolare, Napoli con una variazione dei residenti fra 2011 e 2017 del +10,1%, poi Milano con +9,5% e Roma con +6,8%. Significativa anche l'attrattività demografica di Catania (+6,5% nel periodo considerato), Firenze (+6,8%) e Bologna (+4,8%), mentre Genova con -0,4% e Messina con -2,8% sono gli unici due capoluoghi a veder ridursi il numero di residenti (Camera dei deputati 2017, 7).

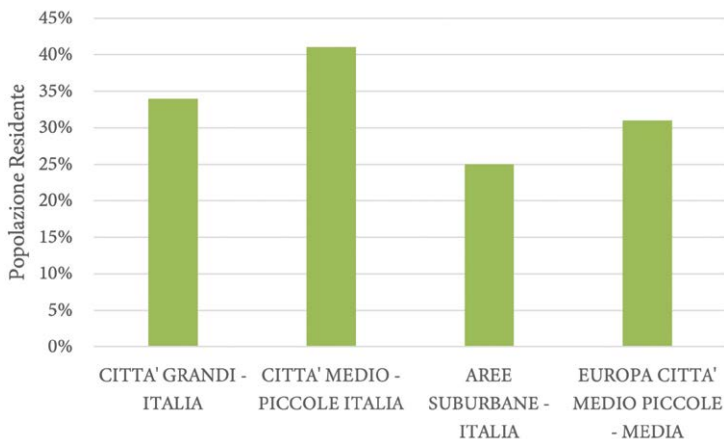


Grafico 5.2 – La distribuzione della popolazione residente in Italia vede per circa il 75% una presenza nelle prime due categorie (34,3% nelle grandi città e il 41,2% in città medio-piccole e sobborghi) e il restante 25% nelle aree di campagna. Il dato delle città medio-piccole e sobborghi è circa di 10 punti superiore alla media europea che si attesta intorno al 31%. Eurostat 2020.

Riguardo invece all'indice di centralità, ovvero alla distanza del luogo di residenza rispetto al centro storico, la stima indica che circa il 60% dei residenti nei capoluoghi metropolitani risiede a più di 1,5 km dalle aree attrattive centrali, 15% nelle zone intermedie (tra 1 e 1,5 km dal centro) e il rimanente quarto nelle aree centrali.

Dunque, le aree periferiche contano circa 7 milioni sui complessivi 9 milioni di abitanti dei 14 capoluoghi metropolitani, cui aggiungere i residenti in zone periferiche degli hinterland¹⁰. Tale dato evidenzia come la

mono funzionalità residenziale – un tempo si definivano quartieri-dormitorio – rappresenti più compiutamente lo stato di mar-

¹⁰ Roma risulta, infatti, la grande città con più residenti in periferia seguita da Torino, Milano e Napoli. Mentre in termini di incidenza percentuale sui residenti Reggio Calabria risulta al primo posto con il 78,7% degli abitanti collocati in periferia.

ginalizzazione del vivere periferico, indipendentemente dalla localizzazione. Anche per tale ragione, l'intensità del fenomeno è un connotato di struttura non necessariamente dipendente dal complessivo livello socioeconomico del territorio di riferimento, e i valori assoluti sono da porre in relazione alle dimensioni demografiche dei comuni esaminati (Camera dei deputati 2017, 8).

Ma come evidenziato sopra, in Italia, a differenza di altri paesi europei, la forte concentrazione metropolitana, che vede le tre città italiane di Milano, Roma e Napoli tra prime dieci aree metropolitane più popolate d'Europa – dopo Londra, Parigi, Madrid – non è però andata a detrimento della rete delle città intermedie, che al contrario restano un importante presidio territoriale del nostro sistema insediativo.

Per cui il tema delle periferie in Italia non è una questione di natura solo 'spaziale' rispetto ad un ipotetico centro, ma anche e soprattutto 'temporale' perché coincide con una 'questione urbana italiana' che, a sua volta, ha come principale nucleo problematico lo squilibrio maturato durante la storia unitaria e la crescita e lo sviluppo delle città italiane tra rendita urbana e 'città pubblica' (Camera dei deputati 2017, 20).

A questo quadro è quindi necessario ricondurre ogni riflessione sulle reali ricadute delle azioni riguardanti il patrimonio edilizio residenziale, da quelle ambientali fino a quelle sociali, non certamente limitate alla sola questione dell'efficientamento energetico, soprattutto perché poco o nulla si sa esattamente dello *status* materiale di questo patrimonio.

Appare infatti alquanto emblematico che i dati di cui si dispone sono quelli forniti dalle rilevazioni decennali dell'ISTAT, per i quali

il patrimonio edilizio in condizioni mediocri o pessime costituisce una quota significativa di quello esistente nelle città italiane (si passa dal 40% di Napoli e 39,9% di Reggio Calabria, al 35,3% di Messina, al 34,8% di Catania, al 26,6% di Palermo, fra il 10 e il 20% in città come Cagliari, Bari, Genova, Firenze, Venezia e Roma e di poco inferiore al 10% a Milano e Bologna) (Camera dei deputati 2017, 4).

Seppure le valutazioni di natura statistica consentano di limitare gli errori sulla scorta dell'ampiezza della base dati di riferimento, è

necessario comunque considerare che le informazioni sulle caratteristiche tipologico-costruttive e sullo stato conservativo degli edifici sono desunte dalle dichiarazioni espresse dai proprietari, pertanto affette da una elevata aleatorietà per evidenti ragioni di competenza.

Una conoscenza sulla natura costruttiva del patrimonio edilizio residenziale, soprattutto dal secondo dopoguerra agli anni Settanta e che comprende quasi il 50% dell'intero patrimonio esistente (5,6 su 12 milioni di edifici) (elaborazione Cresme su dati vari; Ministero dello Sviluppo Economico –STREPIN 2020, 5, tab. 2), è infatti per lo più assente o comunque non sistematizzata, soprattutto per la medesima ragione correlata alla condizione privatistica del bene.

Le indagini svolte sui certificati di prestazione energetica, peraltro nella maggior parte dei casi riferite alle singole unità abitative, seppure attestino che il 70% del patrimonio residenziale ante 1972 è inferiore alla classe D, non sono in realtà indicative del reale 'stato di salute' degli edifici, specificatamente per quello che si intende con la *vita utile*, ovvero, come detto, il periodo entro il quale l'edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione.

Secondo l'accezione corrente, oltre alle indicazioni contenute nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 riguardanti la *vita nominale di progetto* in ragione della sicurezza strutturale¹¹, gli edifici rispondono in condizioni ordinarie ad una *vita utile* di circa cinquant'anni, al termine dei quali fenomeni quali la corrosione, l'esposizione alle intemperie, l'azione antropica determinano un decremento delle caratteristiche prestazionali dei materiali o componenti costituenti l'edificio.

Conseguentemente, considerando che 9 su 12 milioni di edifici residenziali, ovvero il 75% del patrimonio residenziale esistente in Italia conta, già oggi, più di cinquant'anni, appare alquanto sorprendente che nella Direttiva venga riportato, a giustificazione di un orientamen-

¹¹ Si vedano le Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2018, punto 2.4.1). La Vita Nominale di Progetto di un'opera viene convenzionalmente definita «come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali».

to tutto votato a sostenere grandi investimenti nella riqualificazione energetica, che questo patrimonio «sarà ancora in piedi nel 2050».

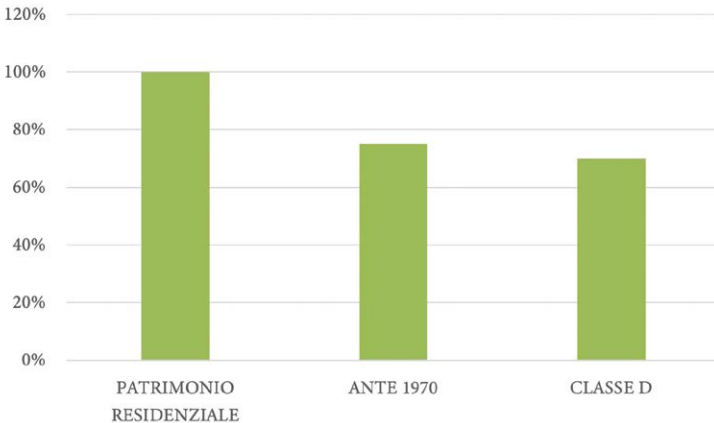


Grafico 5.3 – La quota del patrimonio residenziale che ha superato i 50 anni è equivalente a quella della condizione energetica inferiore alla classe D, ovvero superiore ai 2/3 dell'intero patrimonio. Mentre il primo dato è oggettivo, il secondo è basato sugli esiti delle certificazioni energetiche che scontano un grado di aleatorietà ma che è comunque indicativo della tendenza. Un dato che nella sua essenzialità riferisce della impraticabilità di un modello basato sulla riqualificazione energetica in una ottica di lungo periodo, ovvero al 2050, quando questo l'età di questo patrimonio sarà di circa 100 anni. Fonte: Consiglio Nazionale degli Ingegneri 2021, 26-8.

Forse è quindi opportuno interrogarsi sul senso di tali affermazioni, che hanno una proiezione di circa trent'anni e che non considerano che un edificio, soprattutto se realizzato con tecnologie *non massive*, come generalmente riscontrabile nel caso del patrimonio costruito dagli anni Quaranta del Novecento, ha già superato la condizione di *vita utile* e che questa condizione non può essere semplicemente rigenerata mediante interventi che, sotto la formula convenzionale della 'ristrutturazione profonda', sono in realtà solo finalizzati alla riduzione dei consumi energetici.

Al 2050 la maggior parte di questo patrimonio avrà circa tra gli 80 e i 100 anni di vita e secondo la Direttiva, da qui ad allora è necessa-

rio triplicare gli interventi di riqualificazione energetica secondo un protocollo che prevede la «ristrutturazione profonda» e il «passaporto di ristrutturazione»¹², che significherebbe, per lo stato italiano, prevedere di operare su un campione di oltre 3 milioni di edifici, equivalenti a circa 2.500 milioni di metri quadri¹³, con una previsione di costo intorno ai 110-120 miliardi di euro nell'arco di una decina di anni, per soddisfare gli obiettivi del PNIEC al 2030.

Ma come già evidenziato in precedenza, assumendo come riscontro pratico la vicenda del Superbonus 110% e del suo epilogo, unica in Europa in termini di investimento a carico della finanza pubblica, appare alquanto evidente che tali previsioni di spesa e di azione siano del tutto prive di una loro sostenibilità sia economica, sia per le effettive ricadute ambientali e sociali di cui si è già detto, dato che la spesa è stata di 170 miliardi per una quota di circa il 4% del patrimonio, peraltro senza applicazione del principio della 'ristrutturazione profonda'.

La stima di 120 Miliardi sembra pertanto poco veritiera e forse quella corretta dovrebbe essere almeno cinque volte tanto, in una forchetta compresa tra i 15 e i 25 Miliardi all'anno nella prospettiva temporale del 2050. In aggiunta, un aspetto rilevante riguarda proprio il sopra citato concetto di 'ristrutturazione profonda' che nel caso non sia tecnicamente o economicamente fattibile trasformare un edificio in un edificio a zero emissioni, significa attuare una ristrutturazione che si traduca in una riduzione di almeno il 60% dei consumi (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 17 comma 16).

Quindi le valutazioni sui costi finanziari per lo Stato riferiti alla manovra del Superbonus 110% di cui detto, allo stesso modo di quelle delle incentivazioni fiscali promosse in Italia dal 1998, non sono indicativi perché non rispondenti a tali istanze, avendo riguardato

¹² Cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, all. VIII "Requisiti del passaporto di ristrutturazione".

¹³ Il 65% dei mq di cui si compongono gli oltre 12 milioni di edifici in Italia sono stati realizzati prima del 1976, ovvero nel periodo antecedente l'elaborazione in Italia delle prime norme che dettavano criteri costruttivi finalizzati al risparmio energetico. Cfr. Centro Studi, Consiglio Nazionale degli Ingegneri 2021, 26. Fonte Cresme.

per la maggior parte la 'riqualificazione leggera', ovvero un salto di due classi energetiche (molto inferiore al 60% di riduzione dei consumi) e riconducibile alla coibentazione dell'involucro con cappotti termici, alla sostituzione degli infissi, all'installazione di un nuovo generatore di calore, con caldaie a condensazione alimentate a gas (cfr. Camera dei deputati 2020, 38-9).

Questa seconda tipologia di interventi, con esclusione per la parte impiantistica soggetta al divieto di impiego di combustibili di origine fossile, sono infatti diversamente contemplati dalla Direttiva e posti sotto la definizione di 'ristrutturazione importante' così intesa:

quando a seconda della scelta di uno Stato membro: (a) il costo complessivo della ristrutturazione per quanto riguarda l'involucro dell'edificio o i sistemi tecnici per l'edilizia supera il 25% del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale è situato; oppure (b) la ristrutturazione riguarda più del 25% della superficie dell'involucro dell'edificio (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 2, comma 22).

Per cui il tutto si semplifica e viene ricondotto, nuovamente, per quanto riguarda il patrimonio residenziale esistente, solo nell'ambito dell'applicazione di una coibentazione dell'involucro. Al di là della valutazione sul payback dell'investimento, di cui si è già detto e che il Cresme ha stimato in 68 anni per tale tipologia di intervento sull'involucro (cfr. Camera dei deputati 2021, 16, tab. 9), la *ratio* di correlare il concetto di 'ristrutturazione importante' solo ad un peso economico o dimensionale dell'intervento in termini di superficie e in ragione di una soglia prestabilita di prestazione energetica, induce a privilegiare l'adozione di tali misure per gli edifici in condizioni peggiori. Tale approccio, anche se può sembrare condivisibile nel principio, è in realtà, per chi scrive, viziato da un errore di paradigma e che porta a conclusioni esattamente opposte.

L'interrogativo, anche in questo caso è dettato dal buon senso e possiamo impiegare una metafora come esemplificazione. Prendiamo il settore dell'*automotive*. Come noto, e come indicato nella stessa Direttiva nella parte dedicata alla mobilità, l'orientamento è quello di una radicale sostituzione del parco automobilistico con vetture a propulsione elettrica. In questa logica, al di là che tale orientamento

sia condivisibile o meno, il nodo della questione che è emerso in sede politica, riguarda una comparazione di costi-benefici tra la rottamazione e la riduzione delle emissioni nocive dei motori endotermici mediante impiego di una nuova generazione di combustibili a basso impatto. Si crede che le due strade siano tra loro complementari e permetteranno di accompagnare un processo di riconversione del mondo dell'*automotive* che sia compatibile con le dinamiche economiche e sociali e non solo ambientali.

Il comparto dell'edilizia, anche se ovviamente connotato da sostanziali differenze, riferisce al contempo la presenza di alcune analogie. La valutazione costi-benefici tra la rottamazione, che in questo caso si definisce come 'sostituzione edilizia' o 'demolizione con ricostruzione a consumo zero di suolo', e la riqualificazione energetica, nell'accezione di 'ristrutturazione importante' data dalla Direttiva, viene oggi affrontata ponendo al *primo posto* la questione energetica e pertanto misurata come espressione dell'equazione consumi-impatti.

Per cui è evidente che un edificio con prestazioni energetiche scadenti sia il primo della lista. Ma invece dovrebbe essere l'ultimo o, meglio, dovrebbe essere prima di tutto verificato se ha senso investire su tale tipologia di edifici senza considerare la vetustà che lo caratterizza, sia alla scala edilizia che a quella del contesto urbano in cui si iscrive.

Come già sottolineato, la riqualificazione energetica dell'involucro ha senso solo se l'edificio è in buona salute (stato conservativo) e se le valutazioni sulla durabilità dell'organismo edilizio nel suo complesso (materica, costruttiva, strutturale), sono tali da assicurare una *vita utile* compatibile con l'entità economica dell'investimento. I principali sforzi, soprattutto finanziari a sostegno di queste politiche, vanno pertanto in primis indirizzati alla parte conoscitiva delle caratteristiche di questo patrimonio, per poi tradursi operativamente con finalità diagnostiche.

Ben diverso e distante appare invece l'indirizzo seguito dalla Direttiva che prevede l'introduzione di «un passaporto di ristrutturazione» che consiste in «una tabella di marcia su misura per la ristrutturazione profonda di un determinato edificio, in un numero massimo di fasi che ne miglioreranno sensibilmente la prestazione energetica» (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 2, comma 19).

In Italia sono ormai più di venti anni che si dibatte intorno alla introduzione obbligatoria del cosiddetto “Fascicolo del fabbricato”¹⁴, che ha avuto un percorso molto travagliato dopo che una serie di leggi regionali che ne istituivano l’obbligatorietà sono state dichiarate incostituzionali o abrogate dalle stesse Regioni¹⁵.

A livello nazionale, l’istituzione del “Fascicolo del fabbricato” era stata proposta con un emendamento in sede di conversione in legge del decreto-legge n. 123 del 24 ottobre 2019, relativo alla ricostruzione nei territori colpiti da eventi sismici, poi rimasta inattuata. I motivi che hanno reso inapplicabile tale proposito sono principalmente riconducibili a tre aspetti: il primo in ordine alle responsabilità soggettive dei proprietari e dei tecnici, compresi gli amministratori di condominio; il secondo riguarda l’onerosità della pratica; il terzo la carenza della documentazione tecnica, sia in ordine alla regolarità urbanistica/catastale, sia alla fase di costruzione.

In questo quadro, ad esempio, specifica rilevanza è ascritta al collaudo statico dell’opera, che riguarda solo le costruzioni realizzate in conglomerato cementizio armato e che, prima dell’entrata in vigore della legge 1086 del 1971 (resa esecutiva in data 05 gennaio 1972) riguardante l’obbligatorietà del deposito della pratica presso il Genio Civile, era regolamentato dal Regio Decreto 2229/1939 (Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio) per il quale era sufficiente il deposito di un attestato presso le Prefetture, necessario al rilascio della ‘licenza d’uso’. Mentre per quanto riguarda le costruzioni in muratura portante solo con il D.M. 20 novembre 1987 viene introdotta l’obbligatorietà del collaudo statico. In aggiunta, tutta

¹⁴ A partire dalla delibera del Consiglio Comunale n. 166/99 di Roma e la n. 473/00. Il “Fascicolo del Fabbricato” doveva essere redatto, a cura di un professionista abilitato, su supporto informatico e cartaceo. Esso è il prodotto di un lavoro conoscitivo e valutativo in merito alle caratteristiche strutturali, manutentive e urbanistiche dell’immobile e deve essere custodito presso ciascun edificio pubblico e privato dal cosiddetto responsabile del manufatto, ovvero dall’amministratore di condominio, dal dirigente preposto, nel caso di immobili di proprietà pubblica, o da altro soggetto facente funzione.

¹⁵ Una ricostruzione delle vicende che hanno interessato le discipline attuative nelle differenti regioni è riportata in Ediltecnico 2016.

la documentazione tecnica sulla costruzione era in capo all'impresa esecutrice e quindi, se non in casi particolari, non più disponibile.

Tale condizione ha indotto ad escludere la tematica della sicurezza strutturale e della qualità costruttiva nelle politiche delle incentivazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici, a parte il provvedimento del sisma bonus che però ha avuto un impatto irrilevante proprio perché inattuabile o troppo oneroso¹⁶.

Vi è poi un altro capitolo, ancora più delicato e complesso, riguardante la legittimità urbanistica, le sanatorie e l'abusivismo, che sono state oggetto di specifiche norme¹⁷.

Il rapporto BES (Benessere Equo e Sostenibile) dell'ISTAT del 2021, riferisce che

nel 2021 la proporzione è di 15,1 abitazioni abusive ogni 100 autorizzate, ancora elevata ma in allontanamento dai livelli raggiunti nel 2015-2017, quando le nuove abitazioni illegali si stima fossero pari a circa il 20% di quelle autorizzate. L'andamento decrescente della curva è concorde in tutte le ripartizioni, ma le differenze territoriali sono estremamente marcate: il fenomeno dell'abusivismo, infatti, si concentra soprattutto nel Sud e nelle Isole (dove mantiene livelli allarmanti, con valori dell'indice compresi tra 35 e 40%) ed è presente in misura non trascurabile nelle regioni del Centro (dove il valore dell'indice è prossimo alla media Italia), mentre può considerarsi marginale in quelle del Nord (ISTAT 2022b, 9).

Se 4 case su 10 nel sud di Italia sono catalogate come abusive, appare alquanto chiaro che le priorità di natura ambientale non siano quelle dei consumi energetici e dei relativi 'passaporti di ristrutturazione', ma quelle della tutela e sicurezza dei territori, sempre più interessati da calamità naturali, dove il vero problema riguarda le dif-

¹⁶ Secondo il Centro Studi, Consiglio Nazionale degli Ingegneri, nel 2021 gli investimenti riferiti al Sisma bonus venivano stimati in circa 350 milioni di euro.

¹⁷ Decreto-legge Semplificazioni 2021 (DL 77/2021) che ha previsto una CILA *ad hoc* per gli interventi agevolati con il Superbonus, (CILAS) in deroga all'articolo 9-bis, comma 1-bis del Testo unico dell'edilizia (DPR 380/2001) riguardante l'obbligatorietà dello stato legittimo degli immobili nei casi di interventi sul patrimonio esistente.

ficoltà economiche e burocratiche che ne inibiscono la demolizione¹⁸ o quelle di una alterazione delle condizioni di equilibrio ecosistemico dei luoghi determinate da una trasformazione antropica incondizionata, avvenuta in forma estesa e diffusa in Italia soprattutto nel secondo Novecento e che, al di là degli effetti attribuiti al sempre citato 'cambiamento climatico', rappresenta la vera motivazione dell'incremento dei danni provocati dai fenomeni naturali¹⁹.

Anche se tale considerazione può apparire fuorviante rispetto alla tematica in discussione, è invece coerente con una visione che pone in prima evidenza la centralità della questione dei caratteri che definiscono le relazioni edificio-contesto in alternativa a quella fondata sulla priorità degli indicatori prestazionali sui consumi energetici, a cui poi ancorare la giustificazione degli impatti ambientali misurati come riduzione delle emissioni di CO₂.

Ritenere che la questione ambientale nel campo del patrimonio residenziale esistente sia primariamente rappresentata dall'abbattimento dei consumi energetici è infatti una posizione di natura prettamente ideologica, se non viene subordinata ad altri parametri di valutazione che sono a questa prevalenti sia in termini di efficacia che di ricaduta sociale.

¹⁸ Le Regioni del Nord spiccano nelle attività di demolizione di edifici abusivi, «con Veneto e Friuli Venezia Giulia che superano entrambe il 60%» nella classifica per numero di ordinanze di demolizioni eseguite, seguite da Valle d'Aosta (56,3%), Provincia autonoma di Bolzano (47%) e Lombardia (44,2%). La situazione cambia drasticamente al Sud. Qui la Puglia, in fondo alla classifica, ha solo il 4% di edifici abbattuti, «preceduta dalla Calabria (11,2%), dalla Campania (19,6%), dalla Sicilia (20,9%) e dal Lazio (22,6%)». In particolare, il rapporto Legambiente sottolinea che in Puglia, Calabria, Sicilia e Calabria sono state emesse 14.485 ordinanze di demolizione (6.996 solo in Campania), ma ne sono state eseguite solo 2.517, pari al 17,4%. Cfr. Numeri delle (mancate) demolizioni nei comuni italiani, rapporto a cura di Legambiente 2021.

¹⁹ Secondo il report ANIA 2024, l'Italia è uno dei paesi europei con il più alto rischio sismico: circa il 40% delle abitazioni civili si trova in aree a media o elevata pericolosità. Inoltre, «risulta molto fragile anche dal punto di vista del dissesto idrogeologico con quasi il 95% dei comuni italiani a rischio frane, alluvioni e/o erosione costiera. Complessivamente risulta che oltre l'80% delle abitazioni civili è esposto a un livello di rischio medio-alto per almeno uno degli eventi citati».

Ad esempio. Il perno su cui si articola la normativa energetica italiana del settore edilizio, conforme a quelle delle Direttiva UE²⁰, al fine di ottenere un elevato valore di prestazioni energetica, è quella di impiegare le pompe di calore che permettono di estrarre il calore da una fonte naturale (aria, acqua o terra) e trasferirla all'ambiente interno ad una data temperatura, in funzione del tipo di impianto di riscaldamento.

Il presupposto normativo è che tali macchinari sono annoverati nella categoria delle «fonti rinnovabili» (Unione Europea 2009, direttiva 2009/28/CE), in quanto vengono alimentati dall'«energia solare indiretta» che è una sorgente di calore che si rinnova automaticamente (requisito indispensabile – anche se non contenuto nelle definizioni – delle fonti rinnovabili)²¹.

Tale indirizzo viene poi ulteriormente rinforzato nella bozza di revisione del regolamento ecodesign 813/2013/UE²² che prevede il di-

²⁰ Ci si riferisce in particolare alla Legge 90/2013 di conversione in legge, con modificazioni, del d.lgs. 63/2013, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia. Essa apporta importanti aggiunte e modifiche al d.lgs. 192/2005, poi affinate dai suoi decreti attuativi. Inoltre, fornisce la definizione di edificio a energia quasi zero (NZEB) e fissa i nuovi criteri per l'aggiornamento e la programmazione di standard prestazionali degli edifici (sia involucro e impianti che fonti rinnovabili) con lo scopo di raggiungere gli obiettivi fissati a livello comunitario in materia di edifici a energia quasi zero. A questo segue poi il DM 26/06/2015 (requisiti minimi, Linee Guida APE (certificazione energetica), relazione tecnica) e anche i DL 48/2020 e DL 76/2020 che sono correlati alla direttiva (UE) 2018/2002 (parte del pacchetto di misure legislative adottato a livello europeo – noto come Clean Energy Package) che fissano il quadro regolatorio per il raggiungimento dei nuovi obiettivi europei al 2030 in materia di energia e clima.

²¹ Pertanto, una pompa di calore è una tecnologia che utilizza, anche se in parte, delle fonti rinnovabili per la produzione di energia termica e si considera come rinnovabile solo il calore che viene sottratto dall'aria, acqua o terreno da parte di una pompa di calore preposta al riscaldamento ambientale o alla produzione di acqua calda sanitaria, ma non l'energia termica che viene dissipata all'esterno da parte di un sistema di condizionamento.

²² Il Regolamento Ecodesign 813/2013/UE, per l'efficienza energetica stagionale dei climatizzatori tipicamente di medie e grosse potenze, contiene le modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. Riguarda le specifiche per la progettazione ecocompatibile degli apparecchi per il riscaldamento d'ambiente e degli apparecchi di riscaldamento misti di potenza termica nominale fino a 400 kW, inclusi i dispositivi di controllo della temperatura e i dispositivi solari.

vieto di vendita, dal settembre 2029, di caldaie alimentate esclusivamente a gas, mentre viene concessa la possibilità di utilizzo di sistemi ibridi, ovvero composti da due generatori di calore alimentati da un combustibile fossile e da una fonte rinnovabile al fine di modulare di volta in volta l'attivazione del generatore più efficiente in base alle condizioni di funzionamento.

Al di là delle questioni tecniche, con pareri e posizioni alquanto discordanti, sulla possibilità di operare una sostituzione di una caldaia a gas con una pompa di calore ad alta temperatura collegata all'impianto tradizionale esistente (con caloriferi), la questione più rilevante è che, proprio per il fatto che tale tipologia di dispositivo viene annoverato nella categoria delle 'fonti rinnovabili', tale soluzione è, allo stato attuale, potenzialmente sufficiente per raggiungere la classe energetica D, senza attuare altri interventi edilizi, quali cappotto o sostituzione dei serramenti.

Per cui l'obiettivo dichiarato dalla Direttiva della riduzione dei consumi energetici negli edifici esistenti, si può risolvere, ipoteticamente e semplicemente, intervenendo solo sulle dotazioni impiantistiche, indifferentemente dalle condizioni in cui versa l'edificio. L'incremento della classe energetica non è quindi correlato ad un abbassamento dei consumi (difficilmente inferiori) o ad un incremento della prestazione ma, teoricamente, solo agli impatti ambientali conseguenti all'eliminazione del gas²³.

In sintesi, se la questione energetica può essere affrontata ponendo in secondo piano lo *status* dell'edificio in virtù dell'applicazione di una determinata tecnologia impiantistica, quella della pompa di calore, che sulla scorta di una definizione assunta dalla normativa consente di garantire il soddisfacimento degli obiettivi di riduzione della CO₂²⁴, l'intero articolato della Direttiva sulle misure da adot-

²³ Teoricamente perché l'energia elettrica impiegata è per buona parte derivata dalla trasformazione del gas. Nel 2019 (cioè, prima della pandemia) l'Italia ha consumato 6.099.593 TJ di energia; in particolare la fonte principale è stata il gas (41,8%), seguita dal petrolio (34,4%) e dalle fonti rinnovabili (complessivamente 19,4%). Cfr. International Energy Agency s.d.

²⁴ Secondo le stime IEA, a livello planetario, le pompe di calore potrebbero favorire una riduzione delle emissioni globali di anidride carbonica pari ad almeno 500 milioni di tonnellate al 2030, l'equivalente delle emissioni an-

tare sul patrimonio residenziale esistente si riduce nella sostanza ad una unica azione, quella di operare una massiccia campagna di sostituzione dei generatori di calore.

Se questo sarà, come si crede, la principale modalità del recepimento della Direttiva per l'efficientamento degli edifici esistenti, il primario effetto riguarderà gli impatti, non però quelli ambientali di cui sopra detto, ma quelli sulla fattibilità tecnica ed operativa.

Un intervento di tale natura è infatti attuabile su un edificio di piccole dimensioni (monofamiliare o similari) magari isolato e con la possibilità di alimentare l'impianto con il fotovoltaico, ma molto meno nel caso degli edifici multipiano, come quelli condominiali, soprattutto nei centri abitati ad elevata densità, per la difficoltà e le conseguenze che si producono nel dover installare i motori di alimentazione delle pompe di calore che, nelle situazioni più semplici, dovrebbero essere appesi alle pareti esterne per poter servire direttamente i singoli alloggi.

Ciò induce nuovamente a riposizionare la questione ad una scala superiore, sul paradigma che sostiene tale indirizzo. Perché viene naturale porsi una semplice domanda. Per questa tipologia di patrimonio, che viene stimato nell'ordine dei 3 milioni di edifici, se la soluzione più semplice e diretta viene individuata nella sostituzione dei generatori con pompe di calore e questa viene giustificata e sostenuta essenzialmente in termini di riduzione dell'uso del gas, non sarebbe più virtuoso ed efficace intervenire con una pianificazione di risorse finalizzate ad investimenti infrastrutturali di natura industriale, con tempi e ricadute di lungo periodo, ma coerenti con una idea di sviluppo fondata sull'impiego di impianti ad alta densità energetica²⁵?

nuali di CO2 dell'attuale parco automobilistico europeo. Cfr. il report di IEA (International Energy Agency 2022).

²⁵ Una visione che riflette quella assunta da un paese come la Danimarca, come noto, tra quelli più virtuosi nel processo di decarbonizzazione fissato dalla UE per il 2030 e che ha impostato le proprie politiche ecologiste proprio sull'impiego di sistemi di centralizzati di produzione elettrica, tra cui il termovalorizzatore realizzato nel cuore di Copenaghen che consente di garantire la fornitura elettrica a 500.000 persone, ovvero il 75% dell'intera popolazione, e a 140.000 abitazioni. Al 2023, in Danimarca sono attivi 23 termovalorizzatori, di cui quello di Copenaghen è il più grande in dimen-

Il principale vulnus di un indirizzo che promuove l'applicazione del modello a bassa intensità di energia nel caso del patrimonio residenziale esistente risiede infatti proprio nella sua incompatibilità strutturale, almeno per quanto riguarda il caso italiano. L'escamotage dell'impiego delle pompe di calore di cui detto, consentirà di aggirare normativamente e politicamente tale problema, ma si dimostrerà comunque un palliativo e sarà al contempo fortemente limitato nella sua fattibilità operativa per le problematiche di adattamento con le caratteristiche tipologiche e costruttive che connotano la fisionomia genetica di tale patrimonio, soprattutto quello più rilevante dei centri urbani ad alta densità. Tali considerazioni sono infatti ancora più stringenti se in questi contesti, oltre alla pompa di calore, vengono impiegati i pannelli fotovoltaici combinati con l'applicazione di rivestimenti termoisolanti sull'involucro edilizio e gli infissi ad alte prestazioni termiche, al fine di conseguire la più elevata classe energetica.

In Italia, allo stato attuale, per poter conseguire lo *status* della classe A (suddivisa a sua volta in quattro livelli crescenti) è infatti indispensabile operare sia sull'involucro che sull'impiego di un sistema di ventilazione meccanizzato. Il principio, come evidenziato in precedenza, è quello di creare un ambiente totalmente separato dal contesto ambientale in cui è inserito, azzerando i possibili scambi con l'esterno, che in termini fisici significa creare una condizione adiabatica, come una scatola chiusa. Per questa ragione il potere isolante dell'involucro deve essere molto elevato (per abbattere le differenze di temperatura tra interno ed esterno), compresi

sioni e progettato per trattare 400.000 tn/anno di rifiuti e biomassa. Nel 2020 tale valore ha raggiunto il picco di 600.000 tn/anno. In media i valori emissioni prodotti da tali impianti di nuova generazione sono lo 0,03% di Pm10, lo 0,007% di idrocarburi policiclici aromatici e lo 0,2% di diossine e furani, valori molto inferiori a quelli delle combustioni commerciali e residenziali. Al pari della città portuale di Esbjerg, sempre in Danimarca, che ha optato per un sistema di sistema di teleriscaldamento basata sull'impiego di due grandi pompe di calore, ad accumulo di energia elettrotermica e sono alimentate da elettricità rinnovabile creata da turbine eoliche locali, che permettono di fornire il riscaldamento ad un patrimonio residenziale di circa 25.000 abitazioni.

gli infissi con vetri stratificati a doppia camera, che oltre a sigillare, non devono essere aperti, perché inficerebbero la condizione adiabatica citata.

Tutto ciò ha una ratio se rapportata a contesti climatici prevalentemente freddi, come i paesi nord Italia e ovviamente nordeuropei, connotati mediamente da temperature sotto i 20° per 10 mesi all'anno, e con tipologie costruttive tradizionalmente improntate sull'impiego di materiali isolanti come il legno e aperture di dimensioni contenute. Ma in condizioni differenti, quali sono quelle presenti in quasi tutto il territorio nazionale e soprattutto nei grandi centri urbani, dove le condizioni climatiche sono ormai quasi invertite con un problema sempre crescente di surriscaldamento, tale modello risulta poco aderente alle condizioni d'uso degli abitanti e anche difficilmente attuabile nei casi della riqualificazione del patrimonio residenziale esistente, per ragioni tecniche ed economiche, come chiaramente evidenziato dall'analisi dello STREPIN di cui detto in precedenza e su cui faremo specifico riferimento anche in seguito parlando dell'involucro edilizio.

Ad esempio. Un impianto fotovoltaico di 10 mq, con una efficienza pari al 18% e un irraggiamento medio annuo di 1.000 kWh/mq, produce circa 1.800 kWh all'anno (circa la metà del consumo di una famiglia media). Per produrre 1 kWh elettrico vengono bruciati mediamente 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e sono immessi in atmosfera circa 0,53 kg di CO₂. Quindi, ad oggi, si considera che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico riduca l'emissione di 0,53 kg di CO₂ in atmosfera. In questo calcolo non sono però considerate le emissioni prodotte per la realizzazione del pannello, che ovviamente sono variabili a seconda delle modalità impiegate e il processo di smaltimento. Considerando che le valutazioni vengono generalmente riferite ad un periodo temporale di 25 anni (indicato dai produttori) l'impatto ambientale medio di un pannello, che misura in media 1,6 mq, è stimato in circa 0,053 kg di CO₂, quindi circa 10 volte in meno di una fonte combustibile fossile. Ciò sarebbe sufficiente per sostenere che sia una scelta obbligata se si vuole seguire la strada della decarbonizzazione. Il punto dirimente è però un altro se la questione si correla al modello della riqualificazione energetica del patrimonio esistente.

Al di là di ogni considerazione sull'impossibilità operativa per materiali, mano d'opera, procedure tecniche, condizioni contestuali, costi ecc. su cui è superfluo soffermarsi²⁶, è sufficiente visionare una qualsiasi città italiana dall'alto. La colorazione prevalente è il rosso tenue che corrisponde al manto di rivestimento in coppi o tegole dei tetti, quasi tutti a falde inclinate.

Ora immaginiamo quale impatto visivo ed 'estetico', in una realtà virtuale, sarebbe generato da una soluzione di questo tipo. Una sorta di grande specchio riflettente esteso a scala urbana, in barba a qualsiasi minima valutazione dei più basilari principi sulla tutela, materiale e percettiva, di questo nostra grande e prezioso patrimonio. Basta il buon senso per comprendere che ciò, oltre che inattuabile, è espressione di una visione astratta, ovvero incapace di affrontare la complessità del problema, come ogni slogan mediatico²⁷.

Ma anche volendo assecondare l'insensatezza della proposta, per ricondurre la questione all'applicazione dei pannelli fotovoltaici in copertura solo su alcuni edifici residenziali, con specifico riferimento a quelli condominiali (che, come si dirà in seguito, sono la categoria più significativa per le azioni di rigenerazione urbana delle città), la questione dirimente riguarda l'apporto energetico fornito.

Assumendo che il consumo medio per una famiglia sia dell'ordine di 3600 kWh all'anno, la superficie di pannelli fotovoltaici necessaria è di circa 20 mq se questa è riferita alla tipologia di un tetto a falde e di circa 25 mq se invece è quella piana di un lastrico solare,

²⁶ Nel periodo che ha seguito l'emergenza energetica del dopo Covid-19 e della guerra in Ucraina, nella consueta ricerca di possibili scenari e soluzioni, si è data la stura ad una serie di amenità che sono tipica espressione dell'improvvisazione, di cui purtroppo oggi guida il noto fenomeno del semplicismo mediatico. La più diffusa e condivisa è quella che si dovrebbe attuare un grande piano nazionale per coprire tutti i tetti degli edifici con pannelli fotovoltaici e che, secondo alcuni, si potrebbe fare immediatamente e completarla nel tempo di uno o due anni.

²⁷ Si crede infatti sufficiente ricordare quali sia stati gli effetti generati dall'impiego degli impianti fotovoltaici a terra che sono stati promossi con le politiche di occupazione delle aree agricole emanate nella prima decade del 2000, anche con il sostegno e il consenso appassionato di gran parte delle associazioni ambientaliste, poi rapidamente cancellate perché in contrasto con i principi fondamentali della tutela paesaggistica.

(perché vi è la necessità di un maggior distanziamento per l'effetto della muta ombra dovuta all'angolo di inclinazione). Ipotizziamo un edificio condominiale tipo, di 6 livelli, da 30 unità abitative da 80 mq l'una. Un edificio di tale tipologia svilupperà in pianta, se regolare, una superficie di circa 400 mq. Tenendo conto delle eventuali interferenze con volumi tecnici ed altro, si può considerare di coprire una superficie di 350 mq se siamo in presenza di un lastrico solare (copertura piana) e al massimo di 200 mq se a falde inclinate (tenendo conto dell'esposizione della falda che non può essere rivolta a nord per inficiare il rendimento).

Ciò significa che la produzione di energia attesa è dell'ordine di circa 25.000 kWh all'anno nel primo caso e di 12.000 kWh all'anno nel secondo. Ovvero potrà servire 1 famiglia su 3 nel primo caso (copertura piana) e 1 su 10 nel secondo (copertura a falde). Nel primo caso l'intervento potrebbe essere giustificato perché comunque si potrebbe avere una riduzione del fabbisogno di circa il 30% se distribuito a tutte le 30 unità, mentre nel secondo evidentemente sarebbe poco significativo essendo confinato entro il 10%. Questi valori corrispondono a quanto riferito nel documento STREPIN più volte richiamato.

Il modello della riqualificazione così formulato non è quindi solo inattuabile in un contesto abitativo ad alta densità, come sono i nostri centri urbani, ma soprattutto è espressione dell'errore di paradigma, citato sopra, riguardante l'applicazione di soluzioni tecnologiche a bassa intensità di energia, su cui è invece necessario riflettere.

Ritornando quindi nuovamente alla scala urbana, quando nell'estate del 2022 è emersa con tutta la sua evidenza la tematica del surriscaldamento che ha provocato siccità, incendi e condizioni climatiche estreme su tutto il territorio italiano, è tornata all'attenzione della cronaca la questione delle cosiddette 'isole di calore', ovvero il termometro dei valori di temperatura misurati a scala urbana.

Lo studio elaborato dal CNR ha riguardato la stima dei livelli di temperatura al suolo (sia diurni che notturni) in cinque città del nord (Milano, Padova, Torino, Bologna e Genova), due del centro (Firenze e Roma) e quattro del sud (Bari, Napoli, Palermo e Catania) (*Open Online* 2022). Nelle mappe che sintetizzano i risultati sono evidenziate le aree urbane più critiche, che corrispondono, in generale a quelle

del nucleo centrale, ma con significativi incrementi nelle concentrazioni edilizie della prima periferia.

Nel caso di Milano, ad esempio, venne messo in evidenza come le due aree oggetto dei nuovi interventi di riqualificazione urbana (di lusso), il famoso Bosco verticale e CiTy Life, mostrassero livelli molto bassi di temperatura al suolo, mentre la colorazione più accesa riguardasse le zone ad alta densità abitativa dei condomini, soprattutto di edilizia economico popolare. Anche in questo caso è sufficiente il buon senso per comprendere che il mix di cementificazione, superfici asfaltate e inquinamento può generare un innalzamento delle temperature fino a 10° superiori rispetto alle zone circostanti e che lo 'status virtuoso' dei complessi abitativi di lusso non siano frutto tanto degli alberi piantati sui balconi, ma degli ampi spazi aperti che li contornano. Tutte le analisi convergono dunque nel riconoscere le criticità e le motivazioni che causano i fenomeni, ma zoppicano nel fornire delle soluzioni plausibili ed attuabili.

Come detto in precedenza, l'unica strada percorribile nel caso della riqualificazione sarebbe, teoricamente, quella della 'casa adiabatica', totalmente sigillata e isolata dal contesto in cui è inserita. Abbiamo già però evidenziato come anche questa sia una soluzione ipotetica e non applicabile in forma sistematica ed automatica nel caso del patrimonio edilizio esistente e attuabile solo nel caso di nuova costruzione.

Per intervenire sulle cause, con azioni sistemiche e non palliative, è necessario prendere in considerazione un modello alternativo votato ad una radicale trasformazione del modello edilizio che possa soddisfare contemporaneamente la questione dei consumi e degli impatti, sia ambientali che di qualità della vita degli abitanti. Ovvero un modello che a partire dal presupposto di operare in forma selettiva sul patrimonio residenziale esistente dei centri ad alta densità abitativa, con criteri di natura ambientale e edilizia, possa promuovere strategie di intervento alla scala degli isolati urbani e fondate sulla sostituzione edilizia combinata con un incremento delle superfici a verde.



Riccardo Gulli, *Puzzle pièce*. Tecnica mista, 2025. © Riccardo Gulli.

Riqualificare vs ricostruire

Una delle motivazioni che vengono addotte per controbattere l'opzione della sostituzione edilizia invece che la riqualificazione conservativa, è quella che la demolizione degli edifici sia una pratica insostenibile sotto il profilo ambientale in quanto genera rifiuti non smaltibili, se non con il conferimento in discarica. A rafforzare tale orientamento, vi è poi una seconda motivazione, correlata alla prima, che considera che l'energia incorporata di un edificio esistente, ovvero che l'energia spesa per la sua costruzione, essendo dell'ordine del 40% di quella totale (comprensiva dell'altro 60% imputabile alla fase d'uso), nel caso di demolizione, verrebbe azzerata. Il ciclo di vita di un edificio è infatti costituito da tre fasi: costruzione, uso e smaltimento. Entrambe le osservazioni hanno un loro fondamento ma, come già detto, se si modifica il punto di vista, possono essere del tutto irrilevanti.

Gi edifici di cui ci occupiamo in questa trattazione hanno superato abbondantemente i 50 anni di vita e la maggior parte di questi, per le loro caratteristiche genetiche, sono arrivati al capolinea. Adottando questo paradigma, la condizione di 'rifiuto' non è connessa alla pratica di demolizione, ma al loro *status*. In altri termini, chi ritiene che il problema sia legato al processo di smaltimento, dovrebbe anche

però conseguentemente dichiarare di voler procrastinare la soluzione alle future generazioni, perché è indubbio che ciò dovrà comunque avvenire nell'arco dei prossimi decenni.

Il dover prevedere la demolizione futura di questi edifici, anche se procrastinata nel tempo, è infatti la primaria ragione che inficia la validità della tesi ambientale, perché è evidente che tale istanza azzeri ogni beneficio in termini di impatti. Peraltro, tale indirizzo ha trovato conferma con l'entrata in vigore del d.m. 127/2024, per la quale i rifiuti inerti derivanti da costruzione e demolizione, e gli altri rifiuti inerti di origine minerale, sottoposti a operazioni di recupero, non sono più qualificati come rifiuti¹.

Allo stesso modo, focalizzare l'attenzione sulla quota di energia già consumata nella fase di costruzione degli edifici esistenti, può essere corretto se l'edificio non ha terminato la sua vita utile, ma non ha alcun senso nel caso di una condizione di precarietà strutturale, costruttiva, normativa e funzionale. La fase d'uso, che ammonta, come detto, ad una quota dell'ordine del 60%, è un valore molto più rilevante se misurato come scarto tra una nuova costruzione ed un edificio realizzato negli anni Cinquanta e Sessanta del Novecento.

Sostenere, come riportato nella Direttiva, che è giustificato intervenire sul patrimonio esistente perché «nel 2050 tale patrimonio sarà ancora in piedi» è una affermazione figlia di una visione astratta, ovvero ideologicamente incentrata sull'obiettivo delle quote di riduzione della CO₂ come stabilito dalle varie politiche ambientali, perché è evidente che tale patrimonio dovrà essere prima e poi sostituito e che il bilancio finale sarà peggiore perché la quota di energia consumata in fase di esercizio tra un edificio nuovo ed uno esistente, anche soggetto ad intervento di riqualificazione, sarà indubbiamente a vantaggio del primo².

Anche il tema dello smaltimento dei rifiuti da demolizione si presta ad essere affrontato secondo una diversa angolazione. La tipologia di

¹ Il d.m. 127 del 28 giugno 2024 definisce i criteri per cui i rifiuti inerti da costruzione, demolizione e origine minerale cessano di essere considerati rifiuti dopo operazioni di recupero e dispone che, preferibilmente, i rifiuti inerti ammessi alla produzione di aggregati recuperati provengano da demolizione selettiva.

² La giustificazione di tale affermazione viene affrontata nel successivo capitolo.

edifici in Italia, proprio in ragione della loro natura costruttiva (mura portante o telai in c.a. e laterizio), è costituita per oltre il 90% da materiale che viene ridotto, a valle di una demolizione selettiva, nella forma di inerti e solo per il 10% dagli altri componenti edili ed impiantistici³. Conseguentemente il conferimento in discarica riguarda una frazione molto ridotta di materiale, mentre una buona parte di questo, nel caso di demolizione e ricostruzione in situ, può essere destinato al riempimento dei sottofondi, sempre con funzione drenante, con il duplice vantaggio di abbattere gli impatti per il trasporto e per l'apporto di nuovo materiale⁴.

Il tema del riciclo e del rinnovo, ha sicuramente una sua valenza se rapportata con il comparto della nuova costruzione, ma molto meno se traghettata a supporto dell'assunto di incentivare gli interventi di riqualificazione conservativa del patrimonio esistente in alternativa alla demolizione e ricostruzione in quanto, come detto, le caratteristiche costruttive del patrimonio residenziale esistente, non generano impatti significativi all'atto della demolizione, essendo per quasi la totalità

³ I criteri ambientali minimi (Cam-Edilizia d.m.23/06/2022, pubblicato in G.U. il 06/08/2022) definiscono le modalità da seguire per la demolizione selettiva, recupero e riciclo e le percentuali minime per l'utilizzo di materiali riciclati in determinate lavorazioni, sia per il comparto della nuova costruzione che per quelli di demolizione-ricostruzione e ristrutturazione. Tali norme stabiliscono che almeno il 70% peso/peso dei componenti edili e degli elementi prefabbricati utilizzati nel progetto, esclusi gli impianti, sia sottoponibile, a fine vita, a disassemblaggio o demolizione selettiva (decostruzione). Nella prassi di riferimento (UNI/PdR 75:2020) è riportata la lista delle operazioni e dei materiali possibili e presenti in una demolizione.

⁴ Un indirizzo peraltro coerente con la visione ecosistemica degli isolati urbani ad alta densità in cui dovrebbero essere eliminate le autorimesse ai piani interrati in favore di un modello di mobilità che non incentivi l'uso dell'auto di proprietà nei centri urbani, come ad esempio in uso da decenni in Giappone. Considerando che il rapporto volumetrico tra la quantità di inerti generata dalla demolizione della parte edilizia è pari a circa 1/5-1/6 di quello dell'intero fabbricato, ne deriva che questo equivale ad un piano di un edificio di 5 o 6 piani, quindi corrispondente, in termini volumetrici, ad un livello. Pertanto, a parte il sistema fondazionale del nuovo edificio che deve necessariamente essere impostato alla quota originaria del fabbricato esistente, il volume disponibile al piano interrato potrebbe essere in parte o del tutto impiegato per stoccare il materiale prodotto dalla demolizione all'interno del perimetro del sedime attuale senza generare ulteriori impatti anche di tipo cantieristico.

di origine minerale (argilla ed inerti) e reimpiegabili in loco, anche mediante demolizione selettiva e frantumazione con frantoi mobili.

Certamente di maggiore impatto sarà, nel prossimo futuro, smaltire le grandi quantità di materiale inorganico (polistirolo e polistirene)⁵ impiegato per eseguire i cappotti negli interventi di riqualificazione energetica finanziati con i bonus facciate e Superbonus 110%⁶. Se infatti è nota la possibilità di riciclo come materia prima seconda (MPS) per il settore degli imballaggi e similari, appare invece alquanto onerosa e complessa la possibilità di un suo futuro reimpiego nella condizione originaria di pannello per coibentazione esterna.

Ma, come noto, la maggior parte degli interventi eseguiti con gli incentivi del Superbonus 110% riguardanti la coibentazione con cappotto hanno previsto l'impiego di questo materiale per ragioni di costo e per semplicità di posa. Ma ciò non sembra essere stato un tema di interesse per una visione ambientale incentrata sulla biunivoca relazione tra riduzione dei consumi energetici ed emissioni inquinanti e sull'assunto, appunto, che questo patrimonio riqualificato avrà ancora lunga vita.

Assodato invece che questa tipologia di patrimonio, per sua natura, dovrà essere sostituito, più prima che poi, la riflessione riguarda quale modello costruttivo adottare per i nuovi edifici.

Due dei principi cardine della 'costruzione sostenibile', secondo quanto contenuto in tutti i documenti di indirizzo a scala europea, sono quelli di privilegiare la costruzione 'a secco', perché compatibile con il presupposto del riciclo-riuso dei componenti, e quelli di una riduzione della massa (densità materica), perché associata ad un minor consumo, sia energetico che di spazio. Declinata in altri termini

⁵ Come noto, il polistirolo o il polistirene non si decompongono naturalmente e per cui non sono stimabili i reali impatti ambientali se non in termini temporali di centinaia di anni.

⁶ Con 155.000 tonnellate nel 2023, il mercato del polistirene espanso (EPS) supera i livelli pre-Superbonus (+24%). I numeri sono in linea con l'andamento generale dell'ultimo biennio; per quanto riguarda i due settori applicativi più importanti, l'edilizia rimane il comparto trainante (con 103.000 tonnellate, 66% del totale), mentre l'imballaggio si attesta su basi storiche (con 49.000 tonnellate, 32% del totale). Cfr. <https://www.aipe.biz/mondo-eps/wp-content/uploads/sites/2/2024/07/Cs-AIPE-dati-mercato-2023.pdf>

significa costruire edifici leggeri, iper-isolati e assemblati in opera. Un modello, come sopra evidenziato, del tutto differente con la tradizione costruttiva italiana, almeno per quanto riguarda la residenza.

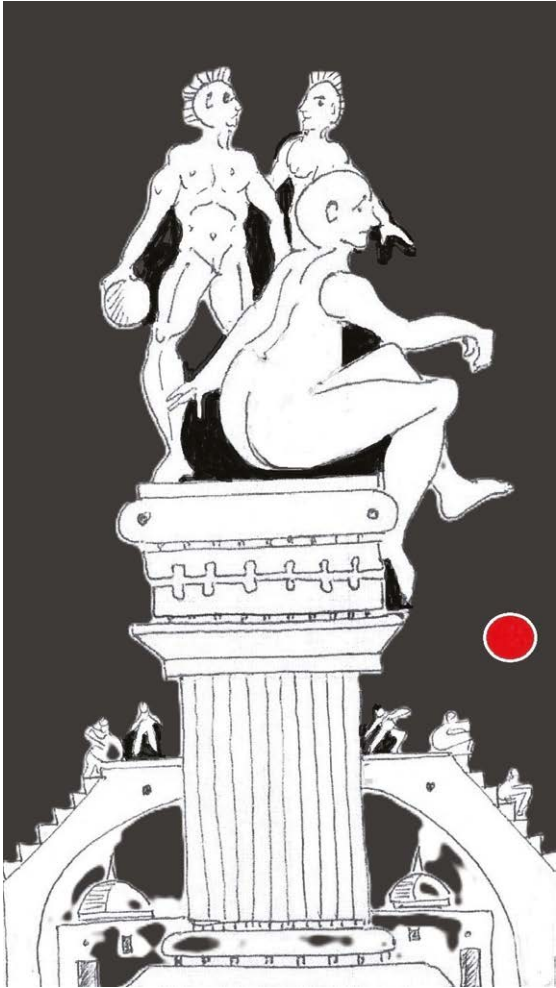
Il livello superiore che sovrintende a tale indirizzo è sempre correlato all'abbattimento delle emissioni, tra cui l'impiego di materiali da costruzione naturali come il legno che, secondo gli indirizzi prefigurati dalla UE, può «presentare un duplice vantaggio: stoccare le emissioni di carbonio negli edifici ed evitare le emissioni che sarebbero state necessarie per produrre materiali da costruzione convenzionali» (Commissione Europea 2020, 23).

La misura della quantità di carbonio contenuta nei materiali base impiegati nella costruzione edilizia ed estesa fino alla scala delle materie prime viene definita mediante l'analisi del Ciclo di Vita (LCA). Un protocollo di calcolo che tiene conto di numerosi fattori e che fornisce una stima delle emissioni di CO₂ correlate alla quantità di energia richiesta per la produzione, il trasporto, la messa in opera e la dismissione del materiale oggetto di analisi. Una procedura alquanto complessa e soprattutto affetta da alcune criticità che non consentono di garantire l'assoluta attendibilità scientifica del risultato, oltre che la sua parzialità.⁷

Proprio in ragione del carattere specialistico dell'argomento, ci si limita pertanto ad evidenziare solo alcune considerazioni a valenza generale ed incentrate sulla messa in luce dei presupposti che si ritengono indispensabili per un corretto posizionamento teorico della questione e soprattutto per l'utilità dell'analisi in termini operativi.

La variabile del tempo è il primo fattore da considerare. Il modo di costruire, il secondo.

⁷ Una delle questioni più rilevanti riguardo alla attendibilità dei dati è quella della mancanza di un organismo che sovrintenda la certificazione dei materiali a partire da quelli primari, essendo questa basata sulle attestazioni fornite dai produttori e che possono essere molto variabili in ragione delle differenti condizioni contestuali e dei processi produttivi. Cfr. Gargari e Fantozzi 2022, 68-78.



Riccardo Gulli, *Looking over*. Inchiostro su carta, 2023. © Riccardo Gulli.

La variabile tempo

Le metodiche di valutazione dell’LCA di un edificio dipendono dall’analisi del ciclo di vita dei singoli materiali, peraltro per lo più limitate alla sola fase di produzione. In questa valutazione non viene però presa in considerazione la variabile tempo del loro impiego all’interno dell’organismo edilizio. Un edificio è infatti costituito da parti che hanno una durata differente, in termini di decadimento delle prestazioni o di usura, e la sua ‘vita utile’ dipende da fattori indipendenti da una stima della sola CO₂ correlata al consumo di energia nelle diverse fasi.

La letteratura scientifica conta ormai una produzione sconfinata di articoli sul tema, compresa la comparazione svolta tra edifici realizzati con tecnologie differenti. Al di là della parzialità degli esiti, di cui detto e che evidenziano l’elevato grado di incertezza dell’analisi, il dato che invece viene sempre assunto come presupposto sono i 50 anni come parametro temporale per comparare le valutazioni tra gli edifici (Reference Study Period).

Il punto invece è che gli edifici, in ragione della diversa natura costitutiva, non hanno la stessa *vita utile*, così come non l’hanno i materiali che la compongono. In altri termini, consideriamo per semplicità due edifici. Il primo realizzato sul modello della costruzione

leggera assemblata a secco, in struttura portante in pannelli in legno secondo la tecnologia CLT (pannelli incollati a strati incrociati), pareti stratificate con pannelli termoisolanti ad alta efficienza termica; il secondo il modello della costruzione pesante realizzata in opera, in struttura portante in cemento armato, solai latero cementizi, pareti di tamponamento in blocchi di laterizio rettificato termo isolanti.

Una stima dell'LCA correlata al Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP), assunto dalla Direttiva UE come indicatore da introdurre obbligatoriamente nella costruzione di nuovi edifici¹, risulterebbe a vantaggio del primo se appunto tale valutazione fosse basata sullo stesso ordine temporale dei 50 anni. Ma un edificio costruito in scheletro di cemento armato con le tecnologie e le normative attuali e tamponamenti in laterizio monostrato (privi anche di pannelli di isolamento termico) ha una *vita utile*, normata per quanto riguarda il calcestruzzo armato, in almeno cento anni², e potremmo dire quasi infinita per quanto riguarda il laterizio.

Tale valutazione è oggi assente per quanto riguarda la tecnologia in legno CLT a parte la certificazione della copertura di 30 anni per difetti costruttivi dei produttori, ma è evidente che la durabilità, soprattutto per quanto riguarda la stratificazione delle pareti dell'involucro, i sistemi di protezione all'acqua meteorica, oltre che la sicurezza al fuoco, sia notevolmente inferiore.

¹ «Il potenziale di riscaldamento globale (GWP) nell'arco del ciclo di vita misura il contributo complessivo dell'edificio alle emissioni che determinano i cambiamenti climatici. Combina le emissioni di gas a effetto serra incorporate nei materiali da costruzione con le emissioni dirette e indirette rilasciate nella fase d'uso. L'obbligo di calcolare il GWP nell'arco del ciclo di vita degli edifici nuovi è quindi il primo passo verso una maggiore attenzione alle prestazioni degli edifici durante tutto il ciclo di vita utile e all'economia circolare.» Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, comma 9.

² Per una progettazione 'durabile' che garantisca una vita nominale di almeno 100 anni secondo l'attuale Norma Europea EN 206, integrata con la UNI 11104 e con la UNI EN 1992-2 per i valori di copriferro, si possono riassumere le principali caratteristiche del calcestruzzo per le strutture in c.a.: classe di esposizione: XS1; rapporto acqua/cemento $\leq 0,50$; classe di consistenza: S5; Rck ≥ 40 MPa; copriferro ≥ 45 mm; cemento nei tipi contenenti aggiunte minerali pozzolaniche in maggiori quantità (es. CEM IV, V o III);

Per cui appare poco significativo comparare delle valutazioni sugli impatti, peraltro molto più rilevanti se considerate sulla fase d'uso che su quella di produzione, senza definire la reale vita utile di un edificio, oltre che la gestione manutentiva del bene in esercizio³.

In un nostro recente articolo (Costantino et al. 2024) sono riportati i risultati di una ricerca riguardante la tematica della demolizione-ricostruzione del patrimonio edilizio esistente degli anni Sessanta del Novecento ed intesa a verificare gli effetti sul consumo energetico, sui livelli di comfort e sulla sostenibilità ambientale dei sistemi costruttivi massivi (ovvero pesanti) e di quelli assemblati a secco (leggeri) in contesti climatici mediterranei.

Per tale finalità sono stati selezionati cinque sistemi costruttivi ad alte prestazioni in un edificio residenziale multifamiliare: in struttura in cemento armato con tamponamento in blocchi termici a bassa trasmittanza (RC1); in struttura in cemento armato con mattoni in argilla leggera e isolamento termico esterno (RC2); in struttura in acciaio (RS); in struttura in legno a strati incrociati (RW); in struttura ibrida legno-acciaio (RH). L'indagine ha affrontato l'analisi dei

³ «Ciò porta alla necessità di affrontare la valutazione della durabilità secondo un approccio non prettamente tecnico ma olistico: l'edificio deve essere visto come un sistema logico di connessioni tra componenti ed elementi tecnici, e una moltitudine di altri fattori che ne determinano la longevità. [...] Se sviluppo sostenibile e durabilità sono tra loro complementari, conoscere la “durabilità” (come “durata” e “affidabilità”, insieme) dei componenti edilizi, e prevederne e programmarne la “vita utile” (anche pianificando, attraverso la manutenzione, la conservazione nel tempo del livello di prestazione richiesto) è fondamentale per una scelta di materiali compatibili con la sostenibilità del loro impiego. Ridurre gli impatti passa necessariamente attraverso un'aspettativa di vita “lunga” dell'edificio che: diluisca nel tempo le energie incorporate e le alterazioni ambientali causate dalla sua costruzione; sia (nella fase d'uso e gestione) a “energia positiva” e non solo a bassi consumi energetici, ed abbia ridotte necessità di manutenzione e sostituzione dei componenti (magari, leggeri e reversibili); fornisca (nella fase di fine vita e dismissione) materiali riciclabili e riutilizzabili. È necessario operare scelte che massimizzino il ciclo di vita in termini di durabilità (100 anni per gli edifici utilizzando soluzioni tecnico-costruttive durevoli, sia radicali (nuove funzioni per i componenti di costruzione; Eppinger and Hopkins, 2010) che incrementali (innovazione tecnologica per il controllo dei carichi energetici; Crul and Diehl, 2007)». Cfr. Marino e Marrone 2020.

parametri termici, la valutazione del comfort interno⁴, la quantificazione degli impatti ambientali ed economici attraverso l'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) e il Costo del Ciclo di Vita (LCC) applicati in un'analisi a lungo termine (da 30 a 100 anni).

Gli esiti di questo studio hanno chiaramente evidenziato che i sistemi costruttivi pesanti sono i più efficaci in termini di comfort, costi e impatto ambientale a lungo termine, mentre i sistemi leggeri presentano generalmente costi di costruzione più elevati, minori impatti ambientali a breve termine (30 anni) e offrono un comfort intermedio a seconda della massa termica.

La valutazione è stata condotta adottando due scenari: il primo con periodo di analisi di 100 anni senza prevedere la necessità di sostituire gli edifici; Il secondo con una vita media di 60 anni per i sistemi costruttivi leggeri, come previsto dal framework Level(s), (acronimo di Life cycle, Environmental performance, Verification, Environmental impact, and Life cycle cost, ovvero lo strumento promosso dalla Commissione Europea con lo scopo di fornire una metodologia comune per la valutazione della sostenibilità degli edifici) anticipando quindi una sostituzione aggiuntiva dopo tale periodo⁵.

⁴ Tramite il modello adattivo e il PMV di Fanger.

⁵ Le principali conclusioni riguardanti entrambi gli scenari possono essere riassunte come segue: i risultati dell'analisi del comfort termico, condotta con il modello adattivo (sistemi spenti), evidenziano che i sistemi costruttivi pesanti garantiscono una percentuale maggiore di ore di comfort (RC1 al 94,67%, RC2 all'87,62%) rispetto a quelli leggeri (RS all'84,52%, RW all'81,09%, RH al 76,50%). L'analisi sottolinea l'importanza della massa termica del solaio; infatti, aumentando tale valore nello scenario RH si ottiene un risultato significativamente migliore pari all'82,9% (RH2). I risultati a breve termine dell'LCA (30 anni) rivelano che i sistemi costruttivi leggeri hanno un GWP inferiore rispetto alla linea di base (RC1), con una variazione dal -7,26% (RS) al -17,90% (RH). Tuttavia, gli impatti su altri indicatori sono generalmente più elevati, in particolare per quanto riguarda l'energia primaria: +4,85% (RS), +66,70% (RW) e +68,37% (RH). I risultati a medio termine dell'LCA (60 anni) mostrano che la differenza di GWP tra i sistemi costruttivi pesanti e leggeri tende a ridursi: -0,29% (RS), -3,46% (RW), -11,26% (RH), mentre la differenza in altri indicatori di impatto tende a rimanere costante o ad aumentare a causa delle maggiori esigenze di manutenzione e sostituzione. I risultati a lungo termine dell'LCA (100 anni) evidenziano una convergenza in termini di GWP tra i sistemi costruttivi: +1,83% (RS), +1,51% (RW), -7,34%

Considerando invece la minore durabilità dei sistemi costruttivi leggeri, con la sostituzione degli edifici dopo 60 anni, i risultati mostrano un chiaro vantaggio dei sistemi costruttivi pesanti in tutte le categorie analizzate, specialmente per RC1, che diventa il meno impattante⁶.

Questi risultati evidenziano come le ipotesi alla base dell'analisi influenzino fortemente la sostenibilità legata alla scelta tra sistemi costruttivi pesanti e leggeri in un clima mediterraneo. In particolare, la durata di vita degli edifici in base al tipo di sistema costruttivo dovrebbe essere considerata come un presupposto dell'analisi perché, come evidenziato, tale condizione è essenziale per ogni valutazione sugli impatti ambientali ed economici prefigurati.

Tutto ciò, come già evidenziato in precedenza, è invece assente dalle analisi LCA e LCC che vengono formulate sull'ipotesi di una vita utile standard di 50 anni, ma soprattutto da una visione ecologista che riserva grande rilevanza all'impiego del legno, considerato come la risposta tecnologica meno impattante rispetto al conglomerato cementizio armato in quanto, in coerenza con il traguardo Zero

(RH). Per altri indicatori di impatto, i sistemi costruttivi pesanti presentano generalmente impatti inferiori. Nel calcolo dell'LCA a lungo termine, l'utilizzo di materiali durevoli garantisce minori impatti ambientali. Di conseguenza, l'adattabilità e il potenziale di riutilizzo sono cruciali per i componenti con una durata limitata, mentre l'uso di soluzioni e materiali durevoli è essenziale per i sistemi costruttivi che restano fissi durante tutta la vita dell'edificio (come scheletro strutturale, pareti esterne e solai).

⁶ Il costo di costruzione dei sistemi costruttivi pesanti è generalmente inferiore rispetto a quelli leggeri. Il più economico è RC1, seguito da RC2 (+2,61%), RS (+7,98%), RW (+9,44%) e RH (+23,24%). Nel caso degli edifici a energia zero, i costi operativi dell'energia hanno un impatto limitato sul costo totale del ciclo di vita, poiché la maggior parte del consumo energetico è coperto da fonti rinnovabili. Nel costo totale del ciclo di vita, la componente di manutenzione e sostituzione diventa progressivamente più significativa a lungo termine: a 30 anni varia dal 7,25% all'8,94%; a 60 anni, tra il 25,62% e il 31,12%; e a 100 anni, tra il 35,2% e il 42,81%. Di conseguenza, la selezione di materiali e componenti tecnologici durevoli diventa essenziale sia dal punto di vista della sostenibilità ambientale che economica. Sebbene il valore residuo degli edifici con sistemi costruttivi leggeri sia più elevato, questa differenza non compensa i costi di costruzione più alti. Di conseguenza, il costo totale del ciclo di vita dei sistemi costruttivi pesanti è inferiore in tutti i periodi valutati (30, 60 e 100 anni).

Carbon formulato nel 2021 dalla Commissione Europea (Unione Europea 2021) e nel rispetto degli obiettivi di taglio del 55% delle emissioni a effetto serra entro il 2030, viene fortemente sostenuto l'impiego di materiali capaci di stoccare il carbonio, quali appunto i materiali vegetali, con specifico riferimento al legno. Tale indirizzo non è però suffragato da un riscontro univoco e assodato sul piano scientifico.

Il primario vulnus risiede nell'incertezza delle valutazioni sul ciclo di vita svolte in assenza di una definizione temporale dello stesso e nel caso specifico del legno, dell'emissione di CO₂ biogenico, ovvero generata dalla degradazione o combustione della biomassa a fine vita⁷. Vi sono infatti numerosi studi che hanno evidenziato come ogni valutazione LCA circoscritta alla sola fase di produzione (A1-A3) del legno possa essere fuorviante rispetto agli effettivi impatti misurati nell'intero ciclo di vita tenendo conto della necessità di dover procedere allo smaltimento mediante combustione e che conseguentemente, in un periodo di circa quattro decenni, un confronto tra un edificio con scheletro in conglomerato cementizio armato, uno il legno ed uno in legno lamellare, il credito di carbonio (CO₂eqkg/m²) risulta a favore del primo⁸.

Se infatti nella prima fase di produzione le emissioni di un edificio in scheletro in conglomerato cementizio armato o in acciaio sono superiori a quelli in legno nel medio-breve periodo, ovvero nell'arco

⁷ Gargani e Fantozzi 2022, 70: «Le emissioni di CO₂ biogenico, derivanti cioè dalla degradazione o combustione della biomassa a fine vita, non sono infatti sempre considerate nelle valutazioni degli edifici e nelle analisi LCA in generale e, a oggi, non esiste un chiaro consenso sulle procedure di calcolo del flusso di assorbimento-rilascio del carbonio biogenico durante il ciclo di vita con conseguenti gravi incertezze sulla qualità e confrontabilità dei risultati. La modellazione di tali impatti richiede una solida comprensione del loro contributo alle concentrazioni di CO₂ in atmosfera e alla loro incidenza progressiva nel tempo. Stabilire linee guida consensuali per la valutazione del carbonio biogenico è necessario per ridurre al minimo le scelte metodologiche soggettive e per definire strategie efficienti di mitigazione del cambiamento climatico. Il ciclo di vita dei biomateriali è caratterizzato da periodi di emissioni e rimozioni di GHG; tenere conto del tempo può avere conseguenze significative sui risultati e, in alcuni casi, portare a conclusioni opposte [12]. Tuttavia, la dimensione temporale nell'LCA è un ambito di ricerca ancora poco esplorato».

⁸ Studio commissionato dalla Confederation of Finnish Construction industries RT. Cfr. Gargani e Fantozzi 2022, 72.

del ciclo di vita dei 50 anni, l'impronta di carbonio degli edifici in legno è maggiore, anche in considerazione del fenomeno della carbonatazione del calcestruzzo nel tempo.

L'interrogativo di fondo deriva infatti dalla constatazione che il vasto e articolato quadro legislativo e normativo che ai vari livelli, da quello sovranazionale a quelli dei regolamenti edilizi locali, definisce i piani, i regolamenti e le azioni da adottare per gli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti, non sia però frutto di una reale consapevolezza dell'efficacia ambientale di tali misure, perché

i temi ambientali vengono affrontati separatamente e scomposti nelle matrici ambientali (energia, acqua, rifiuti, aria, ecc.) e nelle singole fasi del processo edilizio (es. efficienza energetica e decarbonizzazione della fase di utilizzo degli edifici, gestione dei rifiuti C&D a fine vita). L'ottimizzazione dei singoli problemi ambientali o delle singole fasi del ciclo di vita potrebbe portare a uno spostamento degli impatti da un problema ambientale all'altro e da una fase del ciclo di vita all'altra (Lavagna 2022, 64).

La questione temporale, citata sopra, è ad esempio un fattore dirimente in quanto, insieme al tema dell'impatto a fine vita del materiale, pone una questione sulla durabilità alla scala non solo del singolo componente, ma dell'intero edificio e delle relazioni contestuali in cui questo è inserito. La parcellizzazione dell'analisi per categorie e per prodotti è sicuramente necessaria ma potenzialmente fuorviante rispetto alla sua applicabilità pratica e alla relativa appropriatezza.

Se oggi dovessimo valutare la sostenibilità ambientale in termini di impatti di un edificio storico, quindi in struttura muraria pesante, solai e coperture in legno o voltate a conci, secondo i criteri dell'intensità di materiale, così come riferito dal rapporto dell'ONU *Emission Gap 2022* (espressione diretta dell'orientamento assunto nell'intero ambito nordeuropeo)⁹, otterremmo un esito negativo non

⁹ Il rapporto indica quattro principali raccomandazioni per diminuire le emissioni nel settore edilizio: 1) Riduzione delle superfici costruite. 2) Riduzione dell'intensità energetica; 3) Riduzione dell'intensità delle emissioni; 4) Riduzione dell'energia incorporata nella fase di costruzione. Al di là della genericità delle indicazioni, l'indirizzo è però chiaro e segue una logica che è propria del modello nordeuropeo. Il primario obiettivo è quello di ridurre la quantità

essendo fondata su una valutazione più estesa che riguarda la durabilità dell'edificio correlata all'impiego di materiali ad elevata massa e che media fortemente ogni considerazione con gli impatti a fine vita. Adottando questo secondo parametro, un edificio di mille anni è infatti certamente più virtuoso di uno leggero in legno.

Ciò è utile ad evidenziare come assiomi troppo ideologici o teorici, generino delle semplificazioni non sempre corrispondenti alla complessità dei fattori in gioco e che assumere il principio della riduzione della densità materica, quella dell'isolamento termico e quella della costruzione a secco, come caposalda da cui far discendere le misure da adottare nelle nuove costruzioni per perseguire un abbattimento dei consumi e degli impatti, non sia univocamente e scientificamente motivato.

Anche riguardo alla questione del consumo energetico, l'impiego di strutture leggere iper-isolate per l'involucro edilizio non è una soluzione tecnologica che garantisce in forma univoca ed assoluta livelli di prestazione superiori a quelli offerti da pareti massive in blocchi di laterizio, soprattutto in regimi caldi¹⁰.

Questo aspetto è particolarmente importante se correlato agli attuali protocolli normativi sulla valutazione delle prestazioni energe-

di materiale, quindi anche di volume costruito, a cui si correla anche una diminuzione della quota di energia necessaria sia in fase di produzione che di esercizio. Cfr. United Nations Environment Programme 2022.

¹⁰ Cfr. Fantilli et al. 2019: «Al contrario di quanto ci si aspetta, alle strutture in pannelli X-Lam non corrispondono riduzioni apprezzabili di emissioni di gas serra; anzi, nel caso del condominio, la CO₂ complessivamente emessa dalla struttura lignea è leggermente superiore a quella della struttura in pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato. Infatti, se da una parte il legno conferisce alle strutture una maggiore sostenibilità legata al materiale, dall'altra comporta una maggiorazione dei fabbisogni energetici legati, come già detto, alla sua scarsa inerzia termica. In conclusione, quando si effettua un'analisi sull'impatto ambientale, è fondamentale definire accuratamente i parametri iniziali e le condizioni al contorno. Per esempio, si è visto come il periodo di esercizio di una costruzione giochi un ruolo importante nel computo della CO₂ eq. complessiva. Appare quindi evidente come, al contrario dell'opinione comune, la sostenibilità di un edificio non sia solamente legata alla sostenibilità dei materiali di cui è composta».

tiche e dei relativi softwares di calcolo¹¹ che forniscono indicazioni solo in termini di trasmittanza termica ma non di comfort termigrometrico degli ambienti interni soprattutto in fase estiva orientando conseguentemente l'impiego di sistemi leggeri e isolanti in alternativa a quelli massivi, quali appunto quelli basati sull'impiego del laterizio. Tale incongruenza è stata messa in luce da vari studi in cui, anche mediante attività sperimentali su prototipi, si evidenzia come una costruzione massiva, fortemente inerziale, come quella in laterizio ad elevato spessore, durante il periodo estivo, riesca a garantire temperature interne più basse, rispetto ad una leggera e stratificata, migliorando così il comfort termico interno (Cfr. Costanzo Di Perna, Summa, e Remia 2023; Summa et al. 2023).

Risulta quindi alquanto sorprendente che una cultura costruttiva come quella italiana, che deriva da una storia millenaria basata sull'impiego dell'argilla, una risorsa naturale di cui è ricca essendo presente per una buona parte del proprio territorio, debba essere oggi considerata poco rispondente ai criteri sulla sostenibilità ambientale delle costruzioni indicati da tutti i protocolli nazionali ed internazionali, essendo tutti incentrati sui presupposti teorici della 'smontabilità' per il riuso e il riciclo dei materiali e sulla conseguente ridotta 'densità materica'.

Va compreso e sostenuto che la qualità di una costruzione rispetto agli impatti ambientali non si misura solo in base alle sue performance energetiche, ma soprattutto per la sua durabilità nel tempo.

Per cui invece che perseguire politiche fondate sull'assunto che «nel 2050 questo patrimonio sarà ancora in piedi», sarebbe più opportuno favorire azioni volte alla sostituzione di una parte di questo patrimonio nella misura di almeno il 25% entro il 2050 perché questa sarà la quota destinata ad una naturale estinzione per condi-

¹¹ Tra questi metodi sono compresi il metodo di calcolo mensile proposto dalla norma tecnica UNI/TS 11300-1 (attualmente utilizzato per la certificazione energetica degli edifici) e il metodo di calcolo orario definito dalla norma UNI EN ISO 52016-1. Inoltre, anche gli algoritmi di calcolo utilizzati nei software di simulazione energetica dinamica, come TRNSYS ed EnergyPlus, non riescono a catturare perfettamente il comportamento termico di strutture ad alta inerzia. Cfr. Costanzo Di Perna, Summa, e Remia, 2022.

zioni di vetustà ed obsolescenza, non solo alla scala degli edifici, ma soprattutto in relazione ai contesti urbani in cui sono iscritti e che salirà ad una quota dell'ordine del 50% nei prossimi cinquant'anni¹².

Se poi questa prospettiva viene combinata con le dinamiche sempre più stingenti della mutazione dei profili demografici e sociali della popolazione residente nei centri urbani ad alta densità, specificatamente nella prima cinta periferica, appare evidente che l'indirizzo politico incentrato sul paradigma dell'efficientamento energetico come primario veicolo per garantire un miglioramento delle condizioni abitative risulti marginale rispetto alle reali istanze che dovrebbero guidare tali politiche.

Sulla scorta di quanto riferito dal Censimento permanente della popolazione e delle abitazioni ISTAT del 2021, su un totale di circa 35 milioni di abitazioni, circa il 70%, ovvero circa 25,5 milioni, risulta occupato stabilmente mentre la restante parte, equivalente a circa 9,5 milioni di abitazioni, risultano non occupate o occupate da persone che non dimoranti abitualmente. Se questo dato viene poi incrociato con le classi dimensionali delle abitazioni si evidenzia che circa il 90% del primo campione comprende le classi dimensionali superiori ai 60 mq e circa il 40% con una pezzatura superiore ai 100 mq.

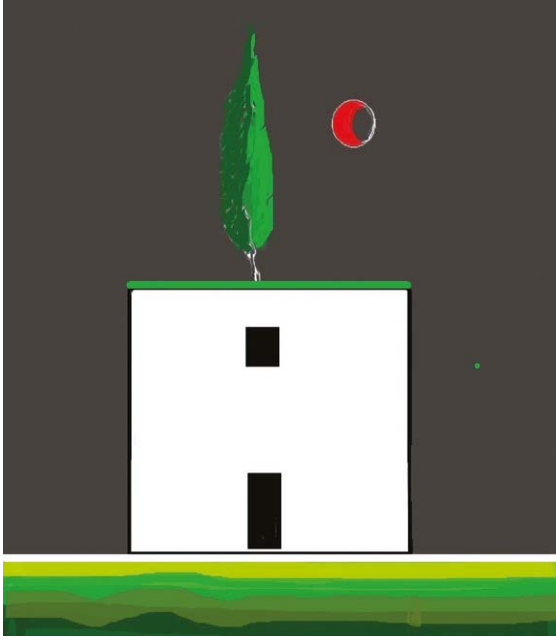
Riguardo invece alla popolazione residente, che oggi ammonta a circa 59 milioni, la percentuale dei nuclei familiari monocomponente è oggi pari a circa il 37%, ovvero oltre 1/3 dell'intero campione, con una previsione di crescita nei prossimi quindici anni di circa un 4%, mentre una famiglia su cinque sarà composta da una coppia con figli (oggi tre su 10) con un decremento complessivo della popolazione di circa 5 milioni.

Tutto ciò è ampiamente noto da tempo al pari della sua rilevanza per gli effetti sul piano sociale ed economico che ne derivano. Ciò che invece viene spesso omesso sono le implicazioni di tale scenario rispetto all'indirizzo seguito dai finanziamenti pubblici per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio residenziale in ossequio alle direttive UE. Appare infatti alquanto evidente che, se la prospet-

¹² Ci si riferisce sempre al patrimonio realizzato nelle decadi che vanno dagli anni Venti alla fine degli anni Sessanta del Novecento che conta circa 5 milioni di edifici residenziali su 12 milioni.

tiva temporale indicata dalla direttiva 1275/24 è quella del 2050, debbano essere anche considerate le mutazioni del quadro sociale che in questo lasso di tempo si producono in quanto direttamente correlate alla funzionalità dei luoghi in cui prendono forma. La marcata discordanza tra il dato della dimensione degli alloggi, che ad oggi già prevede che la pezzatura sia per il 40% superiore ai 100 mq e quello riferito alla numerosità dei nuclei familiari che invece comprende una quota delle famiglie monocomponenti pari circa alla stessa percentuale del 40%, è oltremodo indicativa dei limiti di visione strategica ed operativa prefigurata da tale indirizzo.

Ritenere che questa istanza sia risolvibile in futuro operando una rimodulazione dell'organizzazione spaziale interna, è un'opzione che può essere formulata in via teorica ma inattuabile nella pratica in forma sistematica per i vincoli di contesto posti dalla natura tipologica e costruttiva del patrimonio esistente. Mentre al contrario una politica di incentivi finanziari e di agevolazioni normative a sostegno di una riconversione di tale patrimonio in ragione dell'elevato grado di obsolescenza e della bassa qualità edilizia, sarebbe sicuramente una strategia più efficace per fornire una soluzione concreta a tale problematica.



Riccardo Gulli, *White house*. Tecnica digitale, 2025. © Riccardo Gulli.

Involucro edilizio

La nostra storia edilizia sotto il profilo tipologico costruttivo e normativo è sostanzialmente contrassegnata da quattro macro famiglie: la prima è tutto il patrimonio murario sorto fino al XIX° secolo; la seconda è quella della prima metà del Novecento, ovvero fino agli anni Quaranta del Novecento; la terza comprende il secondo Novecento fino alla definizione del nuovo quadro normativo (sicurezza strutturale, antincendio, contenimento energetico, disabilità); la quarta corrisponde al patrimonio contemporaneo realizzato negli ultimi venti-venticinque anni, ovvero da quando il quadro normativo suddetto si è consolidato.

Come detto, in termini percentuali il patrimonio realizzato negli ultimi cento anni è circa il 60% del totale, ovvero solo l'altro 40% è stato realizzato in circa 2000 anni di storia¹.

¹ Per quanto riguarda la tipologia costruttiva, il censimento del 2011 ci dice che il patrimonio italiano è costituito da 6.903.982 edifici in muratura (61,50%), 2.768.205 in calcestruzzo armato (24,66%) e 1.554.408 con altre tecniche e materiali (acciaio, legno, prefabbricati in cemento armato precompresso). Più del 60% è stato realizzato prima del 1971.

L'importanza accreditata alla componente energetica come fattore preminente degli obiettivi posti dal tema del contenimento dei consumi e dell'abbattimento della CO₂ ha di fatto orientato il tema della riqualificazione edilizia al solo efficientamento delle pareti esterne e alle coperture di un edificio (comunemente identificato con il termine di involucro edilizio), oltre che alla componente impiantistica. Il bonus facciate è stata una delle misure più evidenti di tale indirizzo, con effetti, come noto, non del tutto virtuosi.

La valutazione dell'appropriatezza delle soluzioni per l'efficientamento energetico degli involucri del patrimonio edilizio esistente, si fonda sulla misurazione del livello delle prestazioni rispetto ai valori stabiliti dalla norma, soprattutto quelli di trasmittanza termica.

Restringendo il campo al comparto della residenza, le tipologie costruttive impiegate nella realizzazione dell'involucro edilizio, non sono numerose e possono essere facilmente identificate nei caratteri primari seguendo l'evoluzione temporale della loro genesi.

Gli edifici residenziali, case e palazzi, fino alle prime decadi del Novecento, sono stati costruiti in muratura portante in pietra o laterizio; pertanto, le tipologie di finitura esterna sono due: ad intonaco o facciavista (tessitura muraria a vista). Su entrambe possono essere presenti partiti decorativi, in pietra, laterizio (dal 1800 in avanti) e cemento (dalla fine del 1800), nella forma di bugnati, modanature, cornici, marcapiani, ecc...

Negli anni Trenta del Novecento, quando inizia a diffondersi il sistema intelaiato in conglomerato cementizio armato, le pareti esterne seguono un graduale processo di alleggerimento in quanto non più deputate alle funzioni statiche primarie e l'impiego del mattone cede progressivamente il campo, soprattutto a partire dagli anni Cinquanta, ai laterizi forati. Un processo che riguarda anche la uniformazione degli spessori e delle stratigrafie. Se nelle costruzioni in muratura portante, lo spessore era determinato dall'altezza del fabbricato e modulato in ragione della unità di misura del mattone, nel caso di edifici a telaio questo era invece basato sul valore di norma di 30 cm, assunto come riferimento nella redazione del progetto architettonico per il rilascio della licenza edilizia. Tale misura, in termini costruttivi, si sposava con l'originaria condizione dell'impiego di una muratura piena a due teste (25 cm) ed intonacata da entrambe

i lati (misura complessiva 27-28 cm), che soddisfaceva la condizione di stabilità e solidità anche se la sua funzione fosse stata solo quella di tamponamento tra le maglie del telaio.

Con l'introduzione dei laterizi forati, la soluzione più canonica, soprattutto dagli anni Sessanta in avanti, sarà invece quella denominata 'a cassa vuota', ovvero con l'impiego di un tavolato di laterizi da 12 cm sulla faccia esterna, 6-8 cm di intercapedine di aria, ed un secondo tavolato di laterizi da 8 cm sulla faccia interna, per uno spessore complessivo, comprensivo di intonaco di circa 30 cm. Questa soluzione corrispondeva sia all'istanza della leggerezza che a quelle di un maggiore isolamento termico per la presenza di una camera d'aria, essendo questa teoricamente confinata in uno spazio isolato.

Riguardo ai rivestimenti esterni, oltre all'intonaco che rimane sempre la soluzione più impiegata per semplicità, economicità e rapidità di posa, dagli anni Trenta prende forma l'utilizzo del rivestimento in lastre sottili di pietra, specificamente negli edifici pubblici del regime come emblema di materiale autarchico, e successivamente, a cavallo degli anni Sessanta, quello delle finiture esterne in 'laterizio paramano' che consentivano di simulare l'immagine di una 'muratura facciavista' con costi e modalità operative molto più economiche, oppure con i rivestimenti in piastrelle di ceramica, anche a tessere in mosaico.

La tematica energetica si manifesta nei primi anni Settanta a seguito della crisi petrolifera del 1973² e che indusse ad approvare la prima legge sul contenimento dei consumi negli edifici (Legge 373/76). Tale impianto normativo, che si fondava sull'applicazione di una semplice formula per il calcolo del «coefficiente volumico globale di dispersione termica» (Presidenza della Repubblica 1977, D.P.R. art. 21), genererà una importante ricaduta nell'elaborazione di nuo-

² A seguito della guerra del Kippur (6-25 ottobre 1973), promossa da Egitto e Siria verso Israele, i Paesi arabi associati all'OPEC (l'Organizzazione dei Paesi esportatori di petrolio) aumentarono i prezzi di greggio e attuarono un embargo nei confronti dei Paesi maggiormente filoisraeliani, con una conseguente impennata dei prezzi e ad una repentina interruzione del flusso dell'approvvigionamento di petrolio verso le nazioni importatrici.

ve soluzioni progettuali per la riduzione delle dispersioni termiche dell'involucro, promuovendo di fatto l'impiego sistematico di materiali isolanti nelle pareti.

I pannelli di origine sintetica (poliestere, poliuretano, polistirolo), soprattutto quelli cellulari, quali il polistirene espanso (EPS) e poi successivamente il polistirene espanso estruso (XPS)³, troveranno applicazione nell'ambito della nuova costruzione sia in accoppiamento alla camera d'aria all'interno delle pareti di tamponamento 'a cassa vuota', sia nella stratigrafia dei solai di copertura e di quelli di controterra o come rivestimento degli scheletri in cemento armato per evitare la formazione dei cosiddetti 'ponti termici', ovvero la formazione di condensa sulla faccia interna delle pareti.

Allo stesso modo, grande sviluppo avrà il settore della serramentistica, con l'introduzione di infissi a tenuta stagna, a doppia battuta con taglio termico con specchiature in doppio vetro con camera d'aria, sia in legno, che in alluminio e PVC. Tutto ciò, come già sopra evidenziato, si sposa con un apparato normativo che troverà nel corso degli anni Novanta una sua maggiore definizione con la Legge 10 del 1991, sia sui criteri di progettazione che di gestione del sistema edificio-impianto (in vigore fino al d.lgs. 192 del 2005, che recepirà la direttiva europea (EPDB 91/2002), traducendone i contenuti per adattarli alle esigenze nazionali.

Ma dagli anni Ottanta si apre anche un altro capitolo fino ad allora rimasto in subordine a quello della nuova costruzione che aveva guidato il ciclo espansivo del secondo dopoguerra, che è quello del recupero edilizio, ovvero del comparto che si occupa del patrimonio esistente non soggetto a tutela. Il rispetto dei requisiti posti dalla normativa energetica darà impulso all'impiego di pannelli isolanti sulla faccia esterna delle pareti d'ambito (cappotto termico) come

³ Fino agli anni Novanta le questioni energetiche non sono correlate alla tematica delle emissioni o al più generale tema della sostenibilità, che, come noto, viene introdotto per la prima volta dal Rapporto Brundtland della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo nel 1987. Pertanto, l'utilizzo di materiali isolanti di origine organica o minerale (sughero, fibra di legno, cellulosa, fibra di vetro, fibra di roccia, argilla espansa, vermiculite...) sarà molto inferiore a quella dei materiali sintetici.

soluzione, non solo quasi obbligata per ragioni tecniche, ma anche considerata ottimale in termini di efficienza⁴.

Circoscrivendo quindi la riflessione a questa tipologia di intervento, che è oggi la principale soluzione adottata sia nel campo degli interventi di riqualificazione energetica che in quella della nuova costruzione, una questione rilevante riguarda la valutazione del decadimento delle prestazioni. Secondo la Linea Guida Tecnica ETAG 004 (European Technical Approval Guideline; cfr. EOTA 2013) la vita utile di riferimento che per i sistemi ETICS (External Thermal Insulation Composite System) può essere assunta pari a 25 anni⁵.

Si potrebbe quindi asserire, sulla base di queste indicazioni, che gli interventi di riqualificazione energetica con l'applicazione di pannelli isolanti realizzati fino alla fine del secolo scorso, hanno mediamente esaurito il proprio ciclo di vita utile e l'efficienza è sicuramente molto inferiore a quella simulata in origine. Analogamente, in una prospettiva futura, l'ordine temporale rimane lo stesso e pertanto nelle stime sull'efficacia tecnico-economica (cfr. Ubertini et al. 2021) di questa tipologia di intervento, deve essere considerata la completa sostituzione del cappotto o comunque che l'efficienza risulta sostanzialmente inferiore a quella dichiarata.

Se poi tale considerazione viene incrociata con le valutazioni sul payback finanziario riportate dal Cresme di cui già detto, ovvero di 68 anni per cappotto ed infissi, appare alquanto evidente che tutto ciò non abbia una sua giustificazione tecnico-economica, ma solo per l'ipotetica riduzione delle emissioni inquinanti.

Tale stima è infatti indicativa in quanto le variabili che possono alterare le prestazioni termiche e la durabilità della soluzione con isolamento sulla faccia esterna delle pareti d'ambito sono di tipo eso-

⁴ Il posizionamento dell'isolante sulla faccia fredda della parete esterna è più efficace perché riduce la possibilità di formazione della condensa.

⁵ Secondo le analisi svolte dalla Istituto tedesco Fraunhofer le soluzioni a cappotto possono avere un ciclo di vita superiore, ovvero anche fino ai 40 anni. Tali studi si sono basate su indagini svolte su campioni di edifici eseguiti in Germania a partire dalla fine degli anni Settanta. La principale motivazione sulla durabilità di questa soluzione viene attribuita alla corretta posa in opera e alla qualità dei materiali. Cfr. Fraunhofer 2015.

geno e dipendono soprattutto dalle modalità di posa in opera⁶, dalle condizioni ambientali e dalle attività manutentive⁷.

I difetti di posa in opera e la qualità dei materiali sono i due fattori primari del decadimento delle prestazioni nel tempo. Le più frequenti patologie edilizie sono determinate dalle infiltrazioni di acqua, conseguenti o all'innesco di fessurazioni sullo strato di finitura esterna⁸, o alla formazione di condensa superficiale⁹ (soprattutto nelle facciate esposte a nord) che può generare l'innesco di processi micotici (presenza di alterazioni biologiche di colore scuro).

Ciò va però considerato come diretta conseguenza dell'assunzione di un principio costruttivo che affida al rivestimento la funzione di protezione della parete dagli agenti atmosferici. Nella concezione della costruzione muraria tradizionale, come in quella in scheletro in cemento armato e tamponamenti in laterizio degli edifici del secondo Novecento, tale funzione era assegnata all'intonaco, che nella trattatistica storica, a partire dal XVI secolo, era anche considerato come 'materiale di sacrificio', ovvero utile sia a mascherare le irregolarità delle tessiture murarie, sia ad essere oggetto di interventi manutentivi di ripristino.

⁶ La norma UNI/TR 11715 del 2018, rappresenta il riferimento normativo italiano per la posa in opera dei sistemi di isolamento a cappotto.

⁷ Che sono indipendenti da quelle assunte dai produttori a sostegno della tesi che nei materiali cellulari, come ad esempio l'EPS, «la conducibilità termica dell'EPS non varia nel tempo» (in riferimento al valore di λ dichiarato) in quanto è dimostrata la stabilità della struttura delle celle e la presenza di sola aria all'interno di queste. I pannelli isolanti per cappotto di polistirene espanso sinterizzato devono essere a norma EN 13163, a ritardata propagazione di fiamma, classificati secondo la norma EN13501-1, e con caratteristiche tecniche specifiche per applicazione a cappotto (in ottemperanza alla ETAG 004 e alla EN 13499) per la quale devono essere opportunamente certificate.

⁸ Questa può essere considerata come la patologia più frequente e più rilevante per gli effetti, soprattutto se lo sviluppo della lesione è orizzontale in quanto più favorevole all'infiltrazione dell'acqua meteorica che percola lungo la parete. Tale difetto è generalmente correlato ad una cattiva esecuzione della rasatura armata (disposizione della rete, ridotto spessore del rasante) o del fissaggio dei pannelli con possibili distacchi localizzati.

⁹ La formazione di condensa superficiale sulla faccia esterna è una condizione alquanto ricorrente in condizioni di elevata umidità ambientale e temperature basse e pertanto la finitura deve impedire l'eventuale processo di assorbimento (spessore adeguato, impiego di additivi silossanici).

La scelta di impiegare i pannelli isolanti invece che gli intonaci termoisolanti¹⁰ è generalmente motivata dal maggiore potere coibente, stimabile in circa il doppio a parità di spessore. In realtà le prestazioni possono essere equivalenti nel caso di intonaci a bassa densità e conduttività termica¹¹, mentre la limitazione è conseguente allo spessore imposta dalla messa in opera degli intonaci che, al di là di quanto indicato nelle schede dei produttori, non è consigliabile oltre i 5 cm.

Ma la questione più rilevante riguardo all'applicazione della soluzione del cappotto e dell'impiego di infissi ermetici negli interventi sul patrimonio esistente va ricondotta al tema della ventilazione interna o in termini semplice del necessario ricambio d'aria per ragioni di salubrità e comfort abitativo. La tematica della traspirabilità delle pareti è invece secondaria¹², in quanto i volumi di aria che lo attraversano sono dell'ordine del 3% e per cui irrilevanti¹³. Ragione per

¹⁰ In generale intonaci a base di calce miscelata con materiali porosi (densità tra i 110 e 230 kg/mc) e a bassa conducibilità termica (compresa tra 0,04 W/mK a 0,06 W/mK).

¹¹ A esempio. Per una parete in forati laterizio da 30 cm di spessore intonacata da entrambe i lati il raggiungimento della soglia dei 0,3 W/m²k nelle zone climatica C, richiede circa 10 cm di spessore (con densità 110 kg/mc e conducibilità termica di 0,043 W/mK. In zona D, con valori di soglia di 0,23 W/m²k, circa 14,5 cm. Se si impiega un XPS lo spessore del pannello sarà di circa 9 cm per il primo caso e di 12,6 per il secondo.

¹² Con il termine di traspirabilità si intende la capacità di una parete posta a separazione tra due ambienti confinati, di essere attraversata dal vapore acqueo presente nell'ambiente con maggiore quantità, verso quello con minore concentrazione (gr/mc). Ciò significa che si genera una differenza di pressione dall'ambiente con più elevato contenuto di vapore, che nel periodo freddo sono gli ambienti riscaldati, con un andamento del flusso di aria umida verso l'ambiente esterno. La condizione di traspirabilità dipende anche dalla porosità del materiale secondo una relazione inversamente proporzionale, ovvero maggiore è la traspirabilità e minore la possibilità che si crei condensa sulla sua superficie. L'elevata capacità traspirante di un materiale è conseguentemente correlata ad una maggiore durabilità, in quanto l'eventuale presenza di acqua sulla superficie del materiale produce l'innescò di maggiori sbalzi termici con conseguente maggiore deteriorabilità nel tempo. Per tale ragione è opportuno che la stratificazione della parete segua la regola di utilizzare materiali caratterizzati da un valore di traspirazione crescente dall'interno verso l'esterno dell'edificio, per assecondare la naturale migrazione del vapore.

¹³ Dal punto di vista della diffusività α , ovvero la proprietà di un corpo di lasciarsi attraversare da un flusso termico, i muri non riescono da soli smaltire

la quale, l'eventuale insorgenza di micosi sulla faccia interna delle pareti non è addebitabile alla presenza di un cappotto esterno, che semmai può risultare benefico in quanto tale fenomeno fisico si innesca in prima istanza per differenza di temperature tra le due facce della parete. I restanti 97% sono infatti riconducibili alla ventilazione, che può essere di tipo naturale (aprendo le finestre) o meccanizzata (Ventilazione Meccanica Controllata con Unità di Trattamento aria).

Quando a partire dagli anni Ottanta, a seguito dell'introduzione della normativa energetica, vennero impiegati nuovi serramenti a tenuta termica e quindi ermetici, si manifestò in maniera diffusa, a circa uno o due anni dall'installazione, la presenza di micosi nelle pareti e negli angoli dei locali a maggiore presenza di vapore acqueo (bagni e cucine) soprattutto se esposti a nord. Tutto ciò derivava, a parità dei valori di trasmittanza termica delle pareti, dalla modifica delle condizioni di ventilazione naturale precedentemente garantite dalla maggiore permeabilità degli infissi originari, oltre alla buona pratica di eseguire un costante ricambio d'aria con l'apertura delle finestre.

Le condizioni di salubrità degli ambienti nelle tipologie residenziali sono normate dal D.M. (sanità) 5 luglio 1975 "Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896, relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione", che stabilisce che la dimensione delle aperture delle finestre devono essere modulate secondo un 1/8 della superficie dell'ambiente servito.

Nessun parametro viene quindi stabilito in merito alla ventilazione, ovvero al ricambio di aria¹⁴. Questo è invece indicato dalla normativa UNI 10339¹⁵ che fornisce indicazioni in merito alla clas-

l'umidità degli ambienti. Al massimo il 3% dell'umidità interna può passare attraverso le pareti, il restante (dal 97% al 100%) deve essere smaltito da una idonea ventilazione. Dove è presente vapore acqueo, può verificarsi la sua condensazione al di sotto di una data temperatura che dipende dalla pressione del vapore (punto di rugiada).

¹⁴ Il ricambio d'aria è il valore che indica quante volte all'ora deve essere rinnovata la portata d'aria di una stanza.

¹⁵ La UNI 10339 (in vigore dal 1995) è stata ritirata il 4 luglio 2024. Le attuali norme di calcolo energetico si riferiscono ad essa o all'ultima sua versione disponibile.

sificazione e la definizione dei requisiti minimi degli impianti e dei valori delle grandezze di riferimento durante il funzionamento degli stessi. La normativa UNI 10339 viene applicata agli impianti aeraulici destinati al benessere delle persone, installati in edifici chiusi. In ambito residenziale, si considera un ricambio ottimale attorno agli 0,5 vol/h, tenendo conto che il valore minimo è di 0,3 vol/h¹⁶.

Pertanto, anche se tali indicazioni normative sono valide solo nel caso di impiego di impianti meccanizzati, la loro applicazione dovrebbe essere ugualmente applicata, per ragioni di salubrità degli ambienti, anche in presenza di sola ventilazione naturale¹⁷.

Per questa ragione l'applicazione del solo cappotto e di infissi ermetici negli interventi sul patrimonio esistente, senza impiego di sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata, si dimostra comunque poco efficace in termini di contenimento dei consumi e di comfort ambientale interno soprattutto nel periodo caldo, che per buona parte dell'Italia corrisponde ormai a circa 8-9 mesi all'anno.

La questione dirimente riguarda sia la necessità di dover aprire le finestre per un dato lasso di tempo nel corso dell'intera giornata¹⁸, sia la produzione di calore generato dalle attività domestiche che si svolgono all'interno. La condizione adiabatica (a cui tende l'impiego di un involucro termicamente iper-isolato) a cui fanno riferimento gli attuali indirizzi progettuali e normativi, da cui discendono i modelli di simulazione del comportamento energetico di un edificio,

¹⁶ Pertanto, la portata d'aria per ogni singolo locale in cui vi è la necessità di immettere aria Q [m^3/h], sarà calcolata semplicemente moltiplicando il volume V [m^3] del locale per il numero di ricambi aria n che, appunto, sono pari a 0,5 vol/h.

¹⁷ Tale questione è stata posta al centro del dibattito mediatico e poi scientifico a seguito dell'emergenza pandemica del Covid 19, producendo una sconfinata letteratura che però, oggi, ha solo un valore di testimonianza non avendo prodotto nessun risultato, né sul piano operativo che in quello normativo.

¹⁸ Sul tempo di apertura delle finestre per un totale ricambio di aria dell'ambiente interno si fa generalmente riferimento ai rapporti areo-illuminanti previsti dal citato d.m. (sanità) 5 luglio 1975 e alla velocità del flusso d'aria attraverso l'apertura che è mediamente stimabile tra 1 e 2 vol/h. Ciò porta ad indicare, come valore di riferimento, circa 15 minuti ogni tre ore che corrisponde al minimo di circa 0,3 vol/h.

sia in regime stazionario che dinamico¹⁹, è infatti un modello che è energeticamente efficace nei climi freddi ma molto poco nei climi temperato-mediterranei (nei quali è compresa l'Italia²⁰) se non combinato con un sistema meccanizzato di ricambio di aria che consente di modulare la temperatura e il tenore di umidità dell'aria interna²¹.

In termini semplici ed intuitivi è infatti facilmente comprensibile che nei periodi caldi (con temperature esterne variabili tra i 30 e 40°C nella fase giorno) la dissipazione del calore che si è prodotto nell'ambiente è difficilmente smaltibile nella fase di inversione termica (fase notturna) se le pareti detengono un elevato potere coibente, anche a finestre aperte per l'intera fase²². È infatti indubbio che il costante

¹⁹ Si definisce stazionario uno stato termodinamico in cui i valori dei parametri che definiscono tale condizione rimangono costanti nel tempo. Se inoltre tali valori rimangono invariati nel tempo senza che l'ambiente subisca trasformazioni, lo stato considerato è uno stato di equilibrio termodinamico. Una simulazione in regime dinamico considera i fattori variabili che incidono sul comportamento energetico, come l'inerzia termica dell'involucro, gli apporti interni e il variare delle condizioni di utilizzo degli ambienti, gli apporti solari e il cambiamento delle condizioni climatiche esterne.

²⁰ In base allo schema della distribuzione generale dei climi, la penisola italiana rientra completamente nell'area del clima mediterraneo che appartiene ai climi mesotermici e più precisamente al subtropicale con estate asciutta, secondo la classificazione di W. Koppen, la cui ultima versione, seppure risalga agli Trenta, è ancora il riferimento più impiegato. Al contempo, in ragione dei numerosi parametri in gioco, quali ad esempio l'influenza dei mari, dell'orografia, e della latitudine, vi sono aree con altri climi mesotermici o con situazioni di clima microtermico e di altitudine.

²¹ Nei periodi freddi il calore dell'aria calda in espulsione viene reimpiegato per riscaldare l'aria pulita in ingresso. In estate, in forma analoga inversa, la bassa temperatura dell'aria in uscita viene riutilizzata per abbassare la temperatura di quella in entrata. Tale processo consente anche di abbassare il tenore di umidità degli ambienti interni e quindi di ridurre l'eventuale formazione di condensa in presenza di pareti poco coibentate.

²² A titolo esemplificativo, si assume un modello teorico così definito. Un parallelepipedo di 9 mq in pianta e 3 m di altezza (una stanza ad 1 letto) con una finestra della superficie di 1,2 mq (corrispondente all'1/8 previsto da normativa). Cinque facce sono considerate senza dispersioni termiche e la sesta, dove è ubicata la finestra, confina con l'esterno ed ha un valore di trasmittanza pari a 0,22 W/m²K (soglia massima prevista dalla normativa). La variazione della temperatura nel tempo può essere espressa come: $T(t) = T_{est} + (T_{int} - T_{est}) \cdot e^{-kt}$ dove $T(t)$ è la temperatura al tempo t , e k è il coefficiente di dispersione termica (stimato valore medio $k \approx 0,007 \text{ min}^{-1}$). L'equilibrio termico si raggiunge in

mantenimento della temperatura di 25°C all'interno delle abitazioni in regime estivo richiede necessariamente l'attivazione di un sistema di condizionamento dell'aria o di deumidificazione, indipendentemente dal livello di prestazione termica dell'involucro. La questione riguarda quindi, ed ovviamente, solo la quota dei consumi che, seppure più elevati nel caso di pareti poco coibentate, non giustificano l'intervento sull'involucro sotto il profilo dei costi-benefici, come già evidenziato in precedenza.

Le valutazioni svolte con i software di certificazione energetica per la redazione degli Attestati di Prestazione Energetica (APE) secondo l'attuale normativa, sono di tipo semplificato e quindi poco significative riguardo alla effettiva stima dei consumi²³ che invece richiedono l'impiego di modelli in regime dinamico alquanto complessi per le variabilità dei parametri in gioco.

Se volessimo formulare una stima molto sommaria e del tutto indicativa, utile solo a comprendere l'ordine di grandezza della questione, sulla quota di incidenza dell'involucro in termini di riduzione dei consumi elettrici in regime estivo in una condizione limite di mantenimento della temperatura interna costante di 25°C con una temperatura costante esterna di 30°C per 24 ore ed ipotizzando di impiegare un condizionatore con COP molto alto (Coefficiente di Prestazione pari a 5) e due tipologie di involucro differenti: la prima con una trasmittanza di 0,22 W/m²K e la seconda di circa il triplo (1,09 W/m²K), ovvero la prima iper-isolata e la

circa 11 ore (657 minuti). Se la trasmittanza della parete è di 0,60 W/m²K (ovvero senza coibente) tale valore si riduce di circa due ore (559 minuti).

²³ Cfr. ENEA 2023: «Docet, è il software semplificato per la certificazione energetica degli edifici residenziali, che ENEA ha realizzato per gli addetti del settore edilizio, in collaborazione con Cnr – Istituto per le Tecnologie della Costruzione. L'applicativo, utilizzabile per immobili con superficie fino a 200 mq non soggetti a ristrutturazioni importanti, consente la redazione dell'attestato di prestazione energetica (APE), il documento che certifica la prestazione e la classe energetica di un immobile indicando gli interventi migliorativi ed economicamente più convenienti. La precedente versione del software è stata utilizzata da oltre 300.000 utenti. L'ultima versione del software mantiene le caratteristiche originarie dell'applicativo, che continua ad utilizzare un metodo semplificato per eseguire valutazioni standard degli edifici con condizioni climatiche e comportamento dell'utenza standard».

seconda a ‘cassa vuota senza coibente’. La differenza è dell’ordine di 1,2 kWh al giorno per un appartamento di circa 100 mq, dunque circa 0,12 € al giorno²⁴.

Con 4 pannelli fotovoltaici (6,6 mq)²⁵ sarebbe dunque possibile coprire tale differenza senza necessità di agire sull’involucro con l’applicazione di un cappotto termico.

La condizione di bassa trasmittanza termica delle pareti in regime invernale è invece significativa riguardo all’abbattimento dei consumi, ma comunque non giustificabile in termini di costi-benefici come già più volte ribadito. I modelli di simulazione energetica sono inoltre tarati su valori di temperatura molto inferiori a quella media invernale, che per buona parte del territorio italiano non supera i 5°C²⁶, e ciò induce a simulare fabbisogni energetici nettamente superiori a quelli effettivi²⁷.

Ma al di là di questo, la questione più rilevante è quella già evidenziata in precedenza sulla reale applicabilità, per tempi, costi e ragioni operative, di una strategia di riqualificazione del patrimonio costruito a fini energetici incentrata sull’incremento delle prestazioni dell’involucro edilizio. Se infatti appare ovvio una condivisione degli indirizzi politici e normativi votati ad un abbattimento delle emissioni inquinanti e ad un decremento dei consumi energetici nel

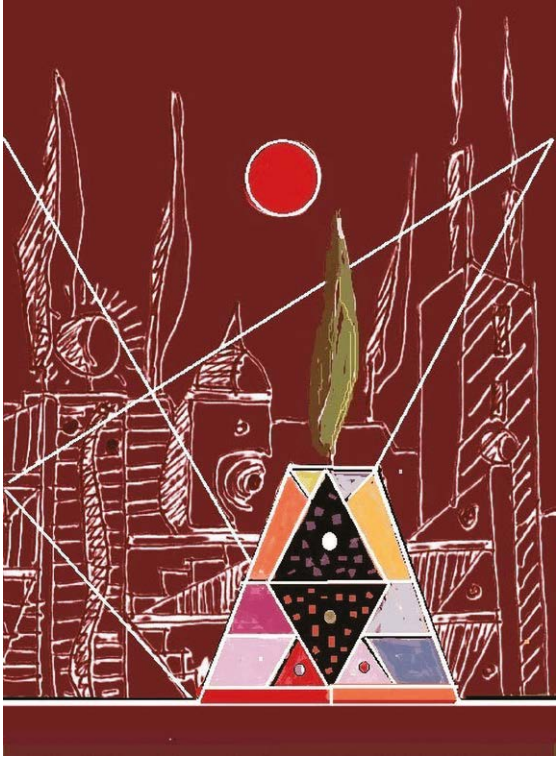
²⁴ Se si adotta lo stesso modello teorico assunto in precedenza (cfr. nota 150), si ha che nel primo caso il consumo è pari a 0,073 kWh e nel secondo a 0,261 kWh. La differenza di 0,128 kWh equivale ad una stanza di circa 10 mq. Il costo del kWh è stimato in 0,10 €/kWh.

²⁵ Per alimentare 0,128 kWh (stanza di 10 mq) con pannelli fotovoltaici, nella condizione di circa 1.000 W/m² come valore di irraggiamento solare medio giornaliero e di un rendimento pari al 18%, ovvero 180 W/m², sono sufficienti 0,71 mq di superficie esposta alla luce solare per un’ora in condizioni ottimali.

²⁶ «A scala stagionale i normali si distribuiscono intorno a 4,5°C in inverno, a 13,3°C in primavera, a 23,1°C in estate e a 14,2°C in autunno. Mensilmente i valori si distribuiscono intorno al valore di 3,8°C a gennaio e di 23,8°C a luglio. Il valore normale medio nazionale per la temperatura media è pari a 13,2°C». Cfr. I normali climatici 1991-2020 di precipitazioni e temperatura in Italia; ISPRA 2022, 8-9.

²⁷ Se ad esempio prendiamo il caso di Bologna, nei software di simulazione la temperatura più bassa di riferimento nel mese di gennaio viene indicata in -5°C. Negli ultimi anni tale valore non si è mai verificato se non per uno o due giorni complessivi.

comparto delle nuove costruzioni, di contro va chiaramente evidenziato che tale intendimento assume una valenza diversa se tradotto nel campo del patrimonio edilizio esistente in quanto connotato da una marcata variabilità della genesi tipologica e costruttiva. Una tematica che può essere affrontata compiutamente solo a valle di una azione sistematica di catalogazione della consistenza di tale patrimonio e che oggi può essere perseguita impiegando la tecnologia digitale fornita dalla nuova era dell'intelligenza artificiale.



Riccardo Gulli, *IV D. Tecnica mista*, 2025. © Riccardo Gulli.

Per un'etica del costruire

Quanto sopra esposto riferisce di una riflessione critica rispetto ad alcuni indirizzi contemporanei a sostegno della pratica della riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, ponendo in particolare evidenza due questioni. La prima riguarda la scarsa rilevanza riservata alla condizione di obsolescenza di un edificio nelle valutazioni costi-benefici di intervento di riqualificazione energetica; la seconda, inerente al comparto della nuova costruzione, è correlata alle modalità di valutazione degli impatti in termini ambientali che deve essere ricondotta alla scala temporale della vita reale di un edificio e non ai 50 anni del Reference Study Period indicato dai protocolli di valutazione dell'LCA o a quella nominale delle NTC 2018. È infatti indubbio, come specificato in precedenza, che buona parte del patrimonio edilizio residenziale realizzato fino alla fine degli anni Settanta del Novecento, con specifico riferimento a quello in scheletro in cemento armato, non possiede i requisiti sufficienti per giustificare un intervento di riqualificazione in termini di costi-benefici. Allo stesso modo, sul versante della nuova costruzione, si può sostenere che un edificio pesante, ovvero realizzato secondo le attuali normative e procedure esecutive in scheletro in cemento armato e tamponamento in laterizio a tutto spessore, è in grado di garantire una *vita utile* superiore ai 100 anni e

Riccardo Gulli, University of Bologna, Italy, riccardo.gulli@unibo.it, 0000-0001-5720-2912

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Riccardo Gulli, *Tempo e materia. Per un'etica del costruire*. © 2025 Author(s), CC BY 4.0, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0747-8, DOI 10.36253/979-12-215-0747-8

che ciò consente di considerarlo come un modello costruttivo più aderente ai principi della sostenibilità ambientale rispetto a quelli a bassa densità materica che hanno una vita utile inferiore.

Entrambe le osservazioni critiche sono infatti figlie di un orientamento di pensiero che considera preminenti due fattori: la materia e il tempo. Sono infatti questi i due caposaldi costitutivi che informano l'attività del costruire nel campo dell'edilizia e che inducono a riflettere su quale sia il modello da adottare per il caso italiano.

Sul piano operativo e normativo, la prima questione potrebbe essere affrontata ribaltando il paradigma attuale per il quale l'entità del sostegno finanziario degli interventi di riqualificazione energetica è direttamente proporzionale alla condizione di precarietà di un edificio. Peggio è e meglio è. Questo è stato il criterio adottato in Italia con i bonus edilizi e basato sull'obiettivo del salto di due classi energetiche tra stato di fatto e di progetto, ovviamente più facilmente perseguibile se la classe energetica del primo è nella fascia più bassa.

Un indirizzo che, in linea con le Direttive UE, ha privilegiato la questione energetica come primario obiettivo rispetto a quello originario degli incentivi fiscali che erano principalmente finalizzati agli interventi di manutenzione e ristrutturazione degli edifici. Un orientamento ancora più stringente nel prossimo futuro se verranno recepite le indicazioni contenute nell' art. 12 dell'EPBD 1275/2024 (Unione Europea 2024) che riferisce dei contenuti del 'passaporto di ristrutturazione', che dovrebbe essere introdotto dagli stati membri, su base volontaria, entro il 26 maggio del 2026.

Al di là dei principi ispiratori della norma, il dato più rilevante riguarda la sua applicabilità¹. Sono già stati evidenziati in precedenza i

¹ «1. Il passaporto di ristrutturazione comprende: a) informazioni sull'attuale prestazione energetica dell'edificio; b) una o più rappresentazioni grafiche della tabella di marcia e delle sue fasi in vista di una ristrutturazione profonda per fasi; c) informazioni sui pertinenti requisiti nazionali, quali i requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici, le norme e le regole minime di prestazione energetica nello Stato membro sull'eliminazione graduale dei combustibili fossili utilizzati negli edifici per il riscaldamento e il raffrescamento, comprese le date di applicazione; d) una spiegazione succinta della sequenza ottimale delle fasi; e) informazioni su ciascuna fase, tra cui: i) il nome e la descrizione delle misure di ristrutturazione per la fase in questione,

motivi che hanno ostacolato l'introduzione in Italia del "Fascicolo del fabbricato". Quanto prefigurato dal 'passaporto di ristrutturazione', seppure solo circoscritto al tema dell'efficiamento energetico², risulta sicuramente più complesso ed oneroso, oltre che alquanto aleatorio nella determinazione degli esiti. La sua applicazione è correlata alla categoria della «ristrutturazione profonda» ovvero ad

una ristrutturazione che è in linea con il principio "l'efficienza energetica al primo posto", che si concentra sugli elementi edilizi essenziali e che trasforma un edificio o un'unità immobiliare: entro il 10 gennaio 2030, in un edificio a energia quasi zero; b) a decorrere dal 1° gennaio 2030, in un edificio a zero emissioni (Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 2, comma 20).

Tutto ciò, come detto, è affetto da un vulnus che rende impraticabile, oltre che poco efficace, questo indirizzo. La realtà fisica del patrimonio costruito è infatti molto più complessa ed eterogenea di quanto rappresentato da questi protocolli e la questione energetica

comprese le pertinenti opzioni inerenti alle tecnologie, alle tecniche e ai materiali da utilizzare; ii) il risparmio energetico stimato nel consumo di energia primaria e finale, espresso in kWh e in miglioramento percentuale rispetto al consumo energetico prima della fase in questione; iii) la riduzione stimata delle emissioni operative di gas a effetto serra; iv) i risparmi stimati sulla fattura energetica, con chiara indicazione delle ipotesi sui costi dell'energia di cui ci si è avvalsi per il calcolo; v) la classe di prestazione energetica stimata dell'attestato di prestazione energetica da conseguire dopo il completamento della fase in questione; f) informazioni su un potenziale collegamento a un sistema efficiente di teleriscaldamento e teleraffrescamento; g) la quota di produzione individuale o collettiva e di autoconsumo di energia rinnovabile stimata da conseguire a seguito della ristrutturazione; h) informazioni generali sulle opzioni disponibili per migliorare la circolarità dei prodotti da costruzione e ridurre le loro emissioni di gas a effetto serra nel corso del ciclo di vita, nonché i benefici più ampi in termini di salute e comfort, la qualità degli ambienti interni e il miglioramento della capacità di adattamento dell'edificio ai cambiamenti climatici; i) informazioni sui finanziamenti disponibili link alle pertinenti pagine web che indicano le fonti di tali finanziamenti; j) informazioni sulla consulenza tecnica e sui servizi di consulenza, comprese le informazioni di contatto e i link alle pagine web degli sportelli unici».

² «Passaporto di ristrutturazione»: una tabella di marcia su misura per la ristrutturazione profonda di un determinato edificio, in un numero massimo di fasi che ne miglioreranno sensibilmente la prestazione energetica. Cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art. 2, comma 19.

non è ad esempio una voce prioritaria nelle valutazioni sulla gestione economica di un immobile. Maggiore rilevanza assumono le condizioni manutentive, di sicurezza e di adeguamento agli standard normativi dell'edificio. Motivo per il quale i contratti ESCo³ escludono di norma gli interventi sulla parte edile, troppo onerosi e poco efficaci per i bilanci finanziari di breve periodo.

Ribaltando il punto di vista e ponendo l'identificazione dello *stato di salute* di un edificio come presupposto, da cui poi far discendere anche le diagnosi energetiche, la primaria difficoltà in termini applicativi è proprio quella di evitare la strada di introdurre ulteriori e gravosi adempimenti burocratici e procedurali, come quelli del 'passaporto di ristrutturazione', per aderire ad un protocollo semplificato ma al contempo rispondente ai costi-benefici attesi.

Secondo questa visione gli interventi di manutenzione e ristrutturazione degli immobili dovrebbero continuare ad essere beneficiari di incentivi fiscali, modulando l'aliquota secondo le politiche che si intendono seguire, senza dover essere però soggetti a vincoli sul rispetto delle prestazioni energetiche. Eventuali agevolazioni per la parte dei costi energetici potrebbero essere applicate ex-post, ovvero come riconoscimento virtuoso dell'eventuale abbattimento delle emissioni, misurato però sulla base di un riscontro effettivo, ovvero tra le bollette energetiche dello stato originario in confronto a quello modificato. Ciò significa estendere anche all'ambito dell'edilizia residenziale privata quanto già previsto dal d.m. 20 luglio 2004 riguardante i "Certificati bianchi"⁴, ovvero di titoli acquistabili e poi

³ Le Energy Service Company (anche dette ESCo) sono società che effettuano interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica, assumendo su di sé il rischio dell'iniziativa e liberando il cliente finale da ogni onere organizzativo e di investimento. I risparmi economici ottenuti vengono condivisi fra la ESCo ed il Cliente finale con diverse tipologie di accordo commerciale.

⁴ «Chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica (TEE), i certificati bianchi sono il principale meccanismo di incentivazione dell'efficienza energetica nel settore industriale, delle infrastrutture a rete, dei servizi e dei trasporti, ma riguardano anche interventi realizzati nel settore civile e misure comportamentali. Il GSE riconosce un certificato per ogni TEP di risparmio conseguito grazie alla realizzazione dell'intervento di efficienza energetica. Su indicazione del GSE, i certificati vengono poi emessi dal Gestore dei Mercati Energetici (GME) su appositi conti. I certificati bianchi possono essere scam-

rivendibili secondo le variazioni stabilite dal mercato elettrico e che sono basati sul valore energetico di un TEP (Tonnellata Petrolio Equivalente), assunto come unità di misura per stimare l'impatto del consumo annuale di energia elettrica di una famiglia media. Con questo meccanismo non vi sarebbero oneri per la finanza pubblica e al contempo si garantirebbe un effettivo riscontro dei benefici ambientali attesi dagli interventi di riqualificazione energetica.

Ma è invece sul versante del rinnovo che dovrebbero essere finalizzate le misure di incentivazione e di sostegno da parte delle pubbliche amministrazioni, soprattutto nei centri urbani a maggiore densità abitativa. L'unica vera strategia che possa rispondere concretamente ad un miglioramento delle condizioni ambientali correlate al tema delle emissioni del parco edilizio è quella di assecondare un processo di ricostruzione secondo standard corrispondenti alle istanze attuali e soprattutto future.

Ogni azione che investa il comparto dell'edilizia, in particolare quella residenziale che occupa oltre i 2/3 dell'intero patrimonio esistente, deve essere misurata in un termine temporale di almeno 100 anni, ovvero almeno al 2100 e non certo al 2030 o al 2050. Se guardiamo indietro tale condizione è quella che ci separa da un edificio degli anni Cinquanta del Novecento e la sua condizione di generale obsolescenza ed inadeguatezza alle condizioni attuali è la più evidente testimonianza di come questi siano i termini temporali con i quali confrontarci. Le nostre città del futuro manterranno inalterati i tessuti che connotano la bellezza dei centri storici, come dei borghi, ma saranno inesorabilmente destinate ad un progressivo processo di declino, sia materiale che socio-ambientale, nelle aree della prima cintura realizzata nel secondo dopoguerra perché fondate su un modello di sviluppo edilizio ed urbanistico oramai esaurito.

Le risorse e gli incentivi pubblici, nella giusta misura, dovrebbero essere riservati per promuovere la sostituzione edilizia secondo una

biati e valorizzati sulla piattaforma di mercato gestita dal GME o attraverso contrattazioni bilaterali. A tal fine, tutti i soggetti ammessi al meccanismo sono inseriti nel Registro Elettronico dei Titoli di Efficienza Energetica del GME. Il valore economico dei titoli è definito nelle sessioni di scambio sul mercato». Cfr. GSE s.d.

gerarchia basata sul riconoscimento della *vita utile* dell'immobile, che significa che *peggio è, e meno è giustificato il contributo concesso*.

La valutazione della *vita utile* è una operazione primariamente condizionata dai due fattori citati sopra: la materia e il tempo. Il tempo è in questo caso di natura anagrafica che è una indicazione indiscutibile ed oggettiva. La materia invece riguarda i caratteri costruttivi e strutturali, ovvero *i modi di costruire*, a cui poi correlare i cicli manutentivi attesi. Una forma di conoscenza che passa attraverso una perizia tecnica ed anche diagnostica. Ed è proprio questa la parte su cui è necessario agire come alternativa ad un approccio votato solo agli aspetti energetici, senza peraltro dover investire le ingenti risorse finanziarie di quelle che sono state concesse in tempi recenti.

Un fattore decisivo di questo processo è rappresentato dall'impiego dei sistemi digitali, da cui discende l'Intelligenza Artificiale. Nel settore delle costruzioni, l'ingresso dei sistemi digitali è al momento circoscritto all'uso di softwares. Il BIM (Building Information Modeling), spesso declamato come piattaforma per la interoperabilità, è in realtà anch'esso è solo un pacchetto di softwares autoriali⁵.

Il livello di sviluppo delle tecnologie informatiche in questo ambito della conoscenza è infatti oggi molto più avanzato e riguarda la possibilità di acquisire una enorme quantità di dati su cui allenare le macchine. Il passaggio chiave che consente oggi di connettere un set esteso di informazioni testuali, definito tramite il Machine Learning, con quelle iconografiche derivate dai sistemi di riconoscimento dei caratteri fisici di un oggetto, è a fondamento di uno sviluppo della conoscenza capace di utilizzare le potenzialità combinatorie della macchina come supporto decisionale nell'ambito dell'indagine conoscitiva sul patrimonio esistente.

Al contempo, uno dei limiti oggi presenti nei softwares generatori di immagini tramite prompt è quello di recepire solo i caratteri formali di un oggetto, ovvero descriverlo solo in termini morfologici ed iconici, senza però sapere cosa si nasconde dietro quella immagine, che è appunto solo una quinta, una scena dipinta. La difficoltà è infatti quella di fornire una descrizione dell'oggetto che comprenda

⁵ Il principale e quasi esclusivo è REVIT di Autodesk.

ai caratteri costitutivi dell'oggetto stesso che nell'ambito degli edifici significa in primis sapere come sono fatti. Una forma di conoscenza che è espressione di sintesi tra un sapere di tipo concettuale ed uno di natura essenzialmente pratica, collocandosi nei bordi di confine tra scienza e conoscenza⁶.

L'impiego di metodologie speditive capaci di restituire una caratterizzazione del patrimonio esistente che comprenda anche la fisionomia tipologico-costruttiva degli edifici rappresenta dunque la nuova frontiera su cui orientare lo sviluppo delle tecnologie digitali. Un processo basato sul riconoscimento dei caratteri identitari di un edificio che viene effettuato da immagine e poi incrociato con un data set informativo costituito da una catalogazione digitale dei tipi edilizi. L'esito è un modello digitale semplificato dell'edificio oggetto di indagine (definito archetipo digitale⁷) che consente sia di identificare tutti i caratteri che si ritengono necessari per definirne lo *status*, sia di effettuare simulazioni di ordine prestazionale⁸.

Un indirizzo che persegue obiettivi differenti da quelli del 'gemello digitale'. La differenza sostanziale è che alla scala edilizia, il 'gemello digitale' è un vestito su misura di un singolo edificio che richiede una elaborazione onerosa sia nella realizzazione del modello digitale,

⁶ Quale è appunto lo spazio in cui si colloca la disciplina dell'Architettura Tecnica in ambito accademico. Cfr. Gulli 2024.

⁷ Con «archetipo» si intende: primo esemplare, modello. L'archetipo rappresenta un testo che, rispetto ai codici noti, è più vicino e complessivamente più fedele, all'originale.

⁸ Tale tematica è parte delle attività di ricerche condotte come titolare della cattedra di Architettura Tecnica presso l'Università di Bologna. In bibliografia sono riportati i riferimenti delle pubblicazioni. Lo studio si è focalizzato sul campione di studio della città di Bologna per il quale sono state acquisite in forma digitale 38.000 pratiche edilizie riguardanti il periodo tra il 1920 e il 1970 come data set documentale per la catalogazione tipologico-costruttiva del patrimonio analizzato e basato su una schedatura dei caratteri primari e secondari degli edifici: Anagrafica; Tipologia; Dimensione; Distribuzione; Elementi costruttivi; Elementi architettonici. Tali contenuti informativi sono complementari a quelli già presenti nel sistema informativo Web-Gis delle mappe georeferenziate del Comune di Bologna e consentono di attivare processi di analisi prestazionale e di simulazione delle potenzialità trasformative in termini di costi-benefici.

che nella integrazione con il sistema di gestione delle informazioni tramite l'impiego di sensori⁹.

Ciò ha indubbiamente una sua valenza nel caso di nuova costruzione, anche se non esente da alcune criticità di cui si dirà poi, ma inapplicabile in forma sistematica nel caso del patrimonio edilizio esistente, a parte il comparto dei beni storico-architettonici che richiedono un più elevato livello di attenzione e di cura. Ma anche in questo specifico ambito il tema dei consumi energetici, seppure importante, non rappresenta la primaria domanda da soddisfare o almeno non va considerata come una priorità in quanto subordinata ad altre più stringenti istanze.

Ad esempio, una di queste, riguarda le modalità di uso e gestione di questo patrimonio da parte dei grandi proprietari, in primis le Amministrazioni Pubbliche. La questione è duplice. Da un lato la tematica riguarda il contenitore, ovvero i caratteri dell'edificio e il suo stato di esercizio, sia manutentivo che prestazionale. Dall'altro la compatibilità funzionale rispetto ad un quadro esigenziale che muta nel tempo, sia in termini logistici, di ammodernamento tecnologico e di adeguamento normativo¹⁰.

Le Amministrazioni Pubbliche, nelle sue diverse e molteplici articolazioni, sono per loro natura condizionate da una serie di vincoli di sistema che non consentono una capacità trasformativa finalizzata

⁹ Secondo la definizione fornita nella Direttiva UE 1275/2024 il gemello digitale «dell'edificio è una simulazione interattiva e dinamica che riflette in tempo reale lo stato e il comportamento di un edificio fisico. Integrando dati in tempo reale di sensori, contatori intelligenti e altre fonti, un gemello digitale dell'edificio fornisce una visione olistica delle prestazioni dell'edificio, compresi il consumo energetico, la temperatura, l'umidità, i livelli di occupazione e altro ancora, e può essere utilizzato per monitorare e gestire il consumo energetico dell'edificio. Laddove sia disponibile, un gemello digitale dell'edificio dovrebbe essere preso in considerazione, in particolare con riguardo all'indicatore di predisposizione all'intelligenza». Cfr. Unione Europea 2024, EPBD 1275/2024, art.2, comma 57.

¹⁰ L'esempio più esplicito di entrambe le questioni è il caso degli istituti bancari che nel corso degli ultimi 15 anni hanno progressivamente modificato gli organigrammi organizzativi con una smaterializzazione delle procedure mediate le tecnologie digitali e che hanno conseguentemente veicolato la messa sul mercato di ingenti patrimoni immobiliari, perché ritenuti non più funzionali allo scopo e al contempo di notevole costo gestionale.

ad una ottimizzazione dei costi-benefici, traducendo spesso tale incapacità in spreco di risorse della finanza pubblica. Secondo il rapporto del MEF del 2021 stima in circa 15 miliardi il valore patrimoniale pubblico riconducibile a fabbricati inutilizzati, di cui solo 2 miliardi in corso di ristrutturazione/manutenzione¹¹.

Una delle tematiche di primaria rilevanza nel prossimo futuro in Italia saranno infatti quelle correlate alla gestione digitale di tale patrimonio, di cui sicuramente la questione delle prestazioni energetiche è parte, ma come un derivato non come un presupposto. Un campo di azione ancora incerto nelle metodiche e negli strumenti operativi, ma che rappresenta l'unico vero paradigma da adottare a sostegno delle politiche pubbliche in questo specifico ambito.

Va infatti compreso che l'obiettivo prefigurato dalla Direttiva UE 1275/2024 sulla "Predisposizione degli edifici all'intelligenza" (cfr. Unione Europea 2024, All. IV) non debba essere circoscritto solo ad una integrazione tra apparato tecnologico e sistemi informatici, di cui i sensori sono i primari mediatori, ma riferirsi ad una dimensione più ampia che richiede l'adozione di strumenti digitali capaci di gestire i diversi fattori che influenzano i tre livelli gestionali: quello strategico (politiche di sistema e misurazione delle performance); quello amministrativo (modelli organizzativi e di *property management*); quello tecnico (sviluppo e controllo delle procedure e dei processi operativi). Ognuno di questi tre livelli coinvolge differenti processi informativi che devono essere tra loro correlati per prefigurare una ottimizzazione costi-benefici nell'uso degli edifici nel rispetto delle prescrizioni normative vigenti, con specifica rilevanza riguardo alla tutela, alla sicurezza, alla qualità ambientale¹².

¹¹ Il valore del portafoglio immobiliare pubblico è prevalentemente riconducibile a fabbricati utilizzati direttamente dalle amministrazioni. Si tratta di 231 miliardi, ovvero il 78% del valore complessivo del portafoglio. I restanti 66 miliardi sono utilizzati da soggetti diversi, prevalentemente privati, a cui gli immobili sono concessi in locazione (44 miliardi) o a titolo gratuito (7 miliardi). Cfr. MEF – Dipartimento del Tesoro 2019.

¹² In particolare, è possibile identificare quattro principali categorie tematiche nella gestione degli asset dei grandi patrimoni: *Operation* (funzionamento e manutenzione); *Occupancy* (modi d'uso); *Safety* (tutela e prevenzione di persone e cose); *Sustainability* (impatti ambientali). Questi quattro ambiti inclu-

Tutto ciò prefigura un indirizzo, che al pari di quanto sopra rappresentato dall'archetipo digitale, è sostanzialmente differente, si potrebbe dire opposto, a quello che prevede di adottare pratiche e metodologie onerose e complesse sia nella fase di creazione di un 'modello digitale', sia nelle successive fasi d'uso dell'edificio, tenendo anche in conto la più ampia tematica riguardante la trasparenza delle procedure amministrative e tecniche, oggi riconducibile alla tracciabilità dei dati e alla relativa conservazione secondo standard e modelli aperti che ne garantiscano l'accessibilità sia in fase di esercizio che in quella di archiviazione. Sono infatti queste le problematiche che richiedono l'impiego di metodologie speditive con strumenti digitali dedicati e su si crede si dovrebbe in prima istanza investire se si vuole seguire la strada, spesso solo decantata, della digitalizzazione del patrimonio costruito¹³.

Il fattore tempo, di cui detto sopra, è anche in questo campo una variabile di cui è necessario tenere conto. Vi è infatti una sostanziale discordanza tra la condizione tecnologica del settore dell'edilizia e quella della meccanica e dell'elettrica connessa con i sistemi informativi.

dono una molteplicità di processi, modelli organizzativi e ruoli che devono essere chiaramente identificati nella fase di definizione del flusso informativo che li coinvolge.

¹³ Tale tematica è parte del progetto finanziato MIUR 2022 dal titolo "Occupant-based DIGITal predictive MANagement to improve the built environment". Università Politecnica delle Marche, Politecnico di Milano, Università di Bologna e del progetto "BeTwin: Building Digital Twins for Built Heritage Performance-Based Management" oggetto di finanziamento da parte dell'Università di Bologna. In particolare, l'Unità di ricerca di Bologna, ha focalizzato l'attenzione su come le tecnologie digitali emergenti, quali il Building Information Modeling e il Building Performance Simulation, possano essere integrate nei Digital Decision Support Systems (DDSS) per supportare i gestori di asset edilizi nel processo decisionale e nella pianificazione strategica all'interno di una prospettiva orientata alle prestazioni, mediante la definizione di un framework concettuale basato sul paradigma Digital Twin (DT) e finalizzato a formulare metodi e flussi di lavoro a supporto della gestione delle prestazioni degli edifici, accessibili e utilizzabili da operatori esperti non digitali tramite servizi di facile utilizzo. Questi metodi portano alla realizzazione di un toolkit software. La concettualizzazione del DDSS all'interno del modello DT è aperta ad accogliere future estensioni con altre tecnologie, tra cui, ad esempio, misurazioni dinamiche dei sensori, feedback degli occupanti e algoritmi di previsione. In bibliografia sono riportati i riferimenti delle pubblicazioni su questa tematica di ricerca.

Sono due mondi fondati su principi, regole e processi del tutto diversi e che corrispondono ad una dimensione temporale non comparabile.

Come detto, oggi un edificio, nella sua condizione ottimale in termini di ottimizzazione costi-benefici, deve essere pensato per durare almeno 100 anni; l'apparato tecnologico al massimo 30 anni e quello dei componenti e delle finiture interne è variabile a seconda delle condizioni di utilizzo e di fattura, ma comunque inferiore ai 20 anni. La rapidità con la quale viaggia l'evoluzione del sapere nel mondo delle tecnologie digitali applicate alla produzione degli apparati impiantistici induce necessariamente a misurare l'efficacia delle soluzioni di intervento sul patrimonio esistente, come della costruzione del nuovo, su scale temporali differenti.

Il principio è che i due sistemi, quello della struttura fisica dell'edificio (la materia) e quello impiantistico connesso con i sistemi di controllo e gestione informatizzata con devices, devono essere il più possibile indipendenti in quanto connotati da un diverso grado di obsolescenza, in primis funzionale. Un principio opposto a quello che invece viene prefigurato dalle soluzioni tecnologiche integrate, quali i Building-integrated photovoltaics (Bipv), dal coppo fotovoltaico, alle facciate e schermature integrate con il fotovoltaico. La letteratura sull'argomento è vasta, ma quasi interamente incentrata sull'analisi delle prestazioni energetiche considerando che l'integrazione con i componenti edilizi del fotovoltaico riduca tempi e costi, oltre che fornire dei benefici in termini di impatti (cfr. Tilmann et al. 2021; Martín-Chivelet et al. 2022; Chen et.al. 2024).

L'errore di paradigma di orientare l'indagine lungo una sola prospettiva, che è quella dei consumi energetici e dei relativi impatti, è all'origine dell'assenza di consapevolezza che un coppo è destinato a durare un tempo molto superiore a quello di una cella fotovoltaica incollata sopra, come i sistemi di schermatura, soprattutto se azionati da congegni automatizzati di orientamento per ottimizzare i rendimenti delle celle, hanno una vita limitata e contrassegnata da ricorrenti e costose manutenzioni.

Tutto ciò non è certamente di interesse per i ricercatori che si occupano delle modellazioni energetiche e delle sofisticate analisi sull'LCA dei materiali per misurare gli impatti ambientali, ma è invece un dato rilevante se compreso entro un approccio che pone al centro

dell'indagine la *vita utile* dell'edificio, la sua durata nel tempo in ragione delle caratteristiche fisico-costruttive. Peraltro, l'intera storia dell'architettura e delle costruzioni del Novecento è contrassegnata da una moltitudine di esperienze che hanno ricercato questo connubio tra edificio ed impianto per lo sfruttamento dell'energia solare e che nella maggior parte si sono esaurite nell'arco di una breve stagione¹⁴.

Un indirizzo la cui valenza è estendibile all'intera visione che guida la realizzazione di un nuovo edificio e che deve garantire una tenuta nel tempo in ragione della tipologia costruttiva adottata. Come specificato in precedenza, gli edifici assemblati a secco, iper-isolati e leggeri, corrispondono al modello edilizio indicato nei protocolli delle direttive UE e nei bandi di progettazione, perché quello più aderente all'obiettivo dell'abbattimento dei consumi e degli impatti, essendo fondato sul principio del disassemblaggio, del riciclaggio, della bassa densità materica, ecc...

Ad esempio, secondo tale indirizzo sono state formulate le linee guida di uno dei più significativi programmi di finanziamento per la ricostruzione di edifici scolastici che è stato promosso con il bando di progettazione "Costruzione di nuove scuole mediante sostituzione di edifici" del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), finanziato dall'Unione europea – Next Generation EU nel 2022. Al punto 3 delle Linee Guida¹⁵ si legge:

¹⁴ La tematica, già oggetto di interesse a partire dagli anni Trenta da parte di alcuni protagonisti del Movimento Moderno, in Italia avrà il suo apice a valle della crisi energetica del 1973 quando verrà dato un nuovo impulso alla ricerca di soluzioni tecnologiche improntate sull'esposizione solare degli edifici. Una delle soluzioni proposte, ma poi inattuate, era quella del muro di trombe, ovvero di un sistema passivo basato sull'impiego di una facciata vetrata esposta a sud dietro la quale viene posizionato un muro ad alta densità materica che funge da accumulatore di energia per poi rilasciarla gradualmente agli ambienti interni. L'evidente inapplicabilità di tale soluzione in climi mediterranei ha però avuto il pregio di inquadrare tale tematica all'interno di una visione bioclimatica, ovvero improntata su una valutazione dell'impatto sole-aria. Un modello opposto a quello qui definito di casa adiabatica che è oggi dominante essendo esclusivamente fondato sulla resa energetica dell'apparato impiantistico.

¹⁵ Il gruppo di esperti nominato dal Ministero dell'Istruzione e del Merito che ha redatto le Linee Guida era composto da: arch. Massimo Alvisi, arch. Sandy Attia, arch. Stefano Boeri, arch. Mario Cucinella, dott. Andrea Gavosto, arch. Luisa Ingaramo, prof. Franco Lorenzoni, dott.ssa. Carla Morogallo, arch. Renzo Piano, dott.ssa Raffaella Valente, arch. Cino Zucchi.

55 anni: è l'età media degli edifici scolastici italiani, secondo l'Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica. È un dato che fornisce un'importante indicazione sulla prospettiva delle strutture: progettare oggi vuol dire assumersi la responsabilità di costruire scuole che devono durare alcuni decenni. Laddove possibile, bisognerebbe scegliere materiali eco-compatibili, a basso impatto ambientale e di origine naturale, di provenienza locale o riciclati. L'economicità della struttura va ricercata non solo nel costo degli elementi scelti – possibilmente in relazione con il contesto territoriale e di facile reperibilità di mercato – ma anche: i) nella rapidità di esecuzione e assemblaggio; ii) nella riciclabilità dei componenti e dei materiali di base; iii) nella durata e semplicità di gestione. Ogni situazione andrà valutata nello specifico, ma l'impiego di tutti i materiali che si rigenerano in natura – e in particolare l'adozione di strutture in legno – è idealmente il più coerente con questa prospettiva (PNRR 2022).

Non si può che concordare con i principi esposti, ma forse meno sulla loro attuazione pratica. Questo indirizzo ha di fatto decretato che la maggioranza delle proposte presentate sono costituite da edifici in legno, con struttura in pannelli xlam. Al di là della condizione industriale del prodotto (non certo di provenienza locale), della dubbia ecologicità e riciclabilità (i pannelli sono costituiti da lamelle tra loro incollate e lo smaltimento avviene tramite combustione¹⁶), la questione più sorprendente riguarda l'indicazione della durata e della semplicità di gestione. Sono infatti proprio questi i due fattori di maggiore criticità per le costruzioni in legno, noti a chi ha responsabilità amministrative nella gestione del patrimonio pubblico¹⁷

¹⁶ Generalmente l'incollaggio dei pannelli viene fatto mediante colla melaminica (EN 301), mentre per i *finger joints* si utilizza colla poliuretanica (EN 15425). Oltre a questo, viene fatto uso di impregnanti per la durabilità e la protezione dall'ossidazione e dal fuoco. Per tale ragione tale tipologia di materiale viene classificato come rifiuto speciale in fase di smaltimento. Con il decreto n. 90 dell'8 maggio 2023 il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha predisposto il regolamento che prevede l'inserimento del legno lamellare in forma di cippato nell'elenco delle biomasse ad uso combustibile, per utilizzare i residui provenienti da processi di lavorazione del legno trattati con colle a fini energetici.

¹⁷ La preferenza indicata nelle linee guida per l'impiego del legno è stata oggetto di una diffusa critica da parte di numerosi amministratori locali proprio in ragione degli elevati costi gestionali correlati alle attività manutentive.

e a chi ha anche una minima consapevolezza tecnica dei processi nel settore delle costruzioni.

Anche in questo caso, è sufficiente riflettere su quali siano stati gli esiti di alcune vicende che hanno segnato la ricerca di soluzioni tecniche innovative nell'ambito dell'edilizia scolastica del nostro passato, per comprendere come la strada dei sistemi costruttivi leggeri ed assemblati a secco abbia conseguito risultati fallimentari proprio in ragione delle criticità sopra evidenziate. Ci si riferisce in particolare al grande piano di scolarizzazione che venne promosso in Italia a partire dai primi anni Sessanta e che comportò l'erogazione di uno specifico finanziamento per sostenere l'attivazione di interventi di «sperimentazione dell'edilizia scolastica, anche prefabbricata». Tale programma si concretizzerà in due appalti concorso sotto la guida del neonato organismo statale dell'ISES (Istituto di Sviluppo dell'Edilizia Sociale) che era al tempo deputato ad effettuare anche le attività di controllo esecutivo e di verifica degli esiti.

Una esperienza, che, se rivisitata nella sua prospettiva storica, restituisce una chiara testimonianza dello stesso errore di paradigma più volte citato, perché fondata su principi e regole costruttive che non possono garantire la durabilità nel tempo, oltre che una ridotta attività manutentiva, decretando di conseguenza una rapida ed irreversibile obsolescenza degli edifici¹⁸.

¹⁸ Le indagini svolte dall'ISES sulle prestazioni richieste alle chiusure esterne opache, evidenziarono invece che le migliori garanzie offerte rispetto ai due principali requisiti – resistenza meccanica all'urto e i processi di degrado nel tempo – fossero fornite dai pannelli in calcestruzzo armato. In realtà solo quattro ditte utilizzavano pannelli in calcestruzzo (Grassetto, Ircor, Spred Gaburri, Fibrocemento) mentre le altre soluzioni tecnologiche erano basate sull'impiego di materiali leggeri e con requisiti di isolamento termico: l'amianto (Bini, IPI, Salvit; Tecnosider); il fibrocemento (Pasotti, Siaro); in lamiera in acciaio zincato o plastificata (Comasinder, Pollice, Greppi); in alluminio verniciato (Feal); in resina rinforzata con fibre di vetro (Edilplast, Bortolaso); in glasal (Ceto Medio); in Petralit (Saira). Solo tre sistemi adottano un 'contro-paramento esterno' con funzioni di isolamento acustico e di tenuta al fuoco: la ditta Bini con pannelli di fibra vegetale ignifugata; la Coprefel con pannelli di Apexil pieno tra sfogliati di legno. Una seconda rilevante questione segnalata dall'ISES era invece relativa alle prestazioni offerte in termini di 'traspirabilità' del tamponamento, ovvero riguardo alla permeabilità del paramento nei confronti del vapore di condensa: la maggior parte

Il timore è che, al pari di quanto avvenuto all'Aquila a valle dell'evento sismico del 2009, quando, sotto lo slogan quanto mai improprio delle *new towns*, vennero realizzati i nuovi insediamenti residenziali con tecnologie prefabbricate in legno, poggiate su un sistema di isolatori sismici (progetto C.A.S.E., acronimo di Complessi Antisismici, Sostenibili ed Ecocompatibili), anche i futuri edifici scolastici finanziati con i fondi PNRR saranno soggetti ad analoghi vizi manutentivi ma soprattutto nei periodi più caldi, alle stesse problematiche di vivibilità e di confort abitativo se non verranno utilizzati i sistemi integrati di Ventilazione Meccanica Controllata e climatizzazione con pompa di calore.

Il riferimento alla «progettazione dell'involucro che consenta anche l'utilizzo di strategie passive per la ventilazione naturale, la regolazione della temperatura, il comfort ambientale», riportato nelle linee guida (punto 2, p. 7), è infatti emblematico di una criticità relativa al fatto che il modello passivo basato sulla ventilazione naturale, ovvero bioclimatico, è scarsamente applicabile in regimi caldi, soprattutto se l'involucro, per garantire elevati valori di coibenza termica, è in pannelli in legno incapsulati all'interno di una stratificazione che comprende il cartongesso interno e un cappotto esterno con materiali di origine naturale di elevato spessore. Ma al di là di questo, è indubbio che il costo massimo previsto di 2400 €/mq¹⁹, che ha comportato investimenti finanziari che arrivano anche a 30 milioni di euro per un solo edificio²⁰, induce a considerare come prioritaria la previsione della *vita utile*, per non incorrere, come nel caso del progetto C.A.S.E, costato circa 1 miliardo di euro, di dover provvedere

delle soluzioni tecniche adottate (calcestruzzo, metallo, resine) non garantiva una idonea traspirazione del paramento e anche i materiali permeabili o semipermeabili (fibrolegnosi) erano protetti con pigmenti che ne impermeabilizzavano la superficie. Un caso a parte era rappresentato dall'impiego di pannelli in conglomerato gessoso (Comasinder, Greppi, Ircom) per i quali veniva segnalata una perplessità in ordine alla durata di tali paramenti nel tempo, anche quando questo era dotato di armatura di rinforzo (Greppi) o con fibre. Cfr. Gulli 2021, 109-18.

¹⁹ Cfr. Disciplinare punto 1.4, p. 5.

²⁰ Cfr. Tabella 1 – Categorie d'opera. Il caso richiamato è quello n. 37 Gruppo 1 Campania, Comune di Castel Volturno 9290557A2A Demolizione edilizia con delocalizzazione: importo 29.663.823,00 €.

alla demolizione, a distanza di meno di vent'anni dalla sua realizzazione, utilizzando i medesimi fondi PNRR²¹.

La valutazione della *vita utile* di un edificio, come riferito in precedenza, è anche correlata alla stima della durabilità dei materiali da costruzione che è una operazione alquanto complessa perché, come riportato dalla ISO 21930 sotto la dizione di Reference Service Life (RSL)²², dipende dai fattori contestuali a cui il singolo materiale è soggetto: di ordine produttivo, tecnologico, manutentivo, ambientale, ecc... Per la determinazione analitica dell'RLS si fa riferimento alla

²¹ Il comune de L'Aquila ha avviato le procedure per le prime demolizioni dei progetti Case e Map abbandonati. Il "Progetto metamorfosi" prevede l'abbattimento di 12 piastre e la successiva ricostruzione di nuove palazzine che dovrebbero ospitare il servizio civile universale e, in futuro, il comando dei Vigili del Fuoco. L'intera riqualifica degli ex alloggi dei terremotati sarà finanziata con circa 60 milioni di euro del Fondo complementare del PNRR per le aree terremotate e una volta conclusa dovrebbe ospitare 2.500 volontari provenienti da tutta Italia. Per ora sono stati stanziati circa 5,3 milioni di euro per alcuni abbattimenti a Cese di Preturo, Bazzano, Pagliare di Sassa e Sant'Antonio, ma prima di poter procedere alla ricostruzione bisognerà operare interventi di manutenzione sui costosi pilastri antisismici su cui poggiano gli alloggi: l'idea iniziale, che giustificava la spesa enorme delle piastre, era che sarebbero servite, dopo la demolizione delle case 'leggere', per fare da fondazione a vere palazzine in muratura, che avrebbero così avuto una base antisismica. Il problema è che quelle dei progetti Case erano garantite dieci anni, quelli dei Map solo cinque; quindi, prima di poter essere riutilizzate bisognerà rimetterle a norma, investendo altre risorse. Cfr. Salamida 2024.

²² «La norma internazionale ISO 21930 "Sustainability in buildings and civil engineering works" nella versione 2017, relativa al calcolo delle performance sostenibili degli edifici ha come tema centrale l'EPD (Dichiarazione Ambientale di Prodotto) che, elaborata in conformità alla ISO 21930, intende garantire uniformità e coerenza nella redazione delle dichiarazioni ambientali per i prodotti da costruzione e i servizi. A livello europeo esiste la norma EN 15804:2014, recepita da UNI come norma nazionale, che ha anticipato alcuni dei contenuti della ISO 21930. La norma definisce le regole quadro per ogni categoria di prodotto (PCR) valide per tutti i prodotti e servizi da costruzione. Essa fornisce la struttura in grado di assicurare che tutte le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) siano elaborate, verificate e comunicate secondo un formato armonizzato. Il Comitato CEN/TC 350 "Sustainability of construction works" è al lavoro per revisionare il testo e allinearne con le nuove disposizioni previste dalla Commissione Europea. La EN 15804 riprende alcune definizioni dalla ISO 21930 e il punto di connessione principale tra le due norme è la UNI EN ISO 14025». Cfr. ANIT 2017.

ISO 15686 che suggerisce di applicare dei fattori di correzione nella valutazione di alcuni parametri, tra cui la qualità del processo progettuale e realizzativo dell'opera, le caratteristiche dei componenti, le condizioni ambientali, il grado di utilizzo e quello manutentivo. Ma principale vulnus nell'applicazione di tale protocollo di stima consiste infatti proprio nella difficoltà di determinare in forma oggettiva tali parametri che sono strettamente correlati alle soluzioni costruttive adottate (stratigrafie dell'involucro, barriere di tenuta all'acqua, protezione al fuoco, ecc.), alle specifiche modalità di messa in opera, alla variabilità delle condizioni di esposizione climatica (fenomeni di condensa, cicli termici), all'esecuzione dei cicli manutentivi²³.

Accettato il grado di aleatorietà del metodo, il suo impiego è però utile per comparare soluzioni tecnologiche a parità delle condizioni contestuali di cui detto. In particolare, se si pone a confronto una parete in struttura portante in muratura e una in pannelli di legno (CLT) di equivalente trasmittanza termica (pari a $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$), è stato dimostrato che l'impatto ambientale della prima, con tipologia massiva, è inferiore alla seconda in struttura leggera. Ciò è primariamente dovuto alla differente valutazione della soglia temporale di durabilità del materiale che, sulla scorta di quanto riportato dalle banche dati sui valori di EPD, considera la RSL del laterizio di valore doppio di quella dei pannelli di legno²⁴.

²³ La definizione del valore dei fattori moltiplicativi per la valutazione della Expected Service Life (ESL) di un componente o di un elemento tecnico sono stimati nel range compreso tra 0,8 e 1,2 e comprendono le seguenti categorie di indagine: Qualità installata: A. dei materiali/componenti; B. della progettazione del componente o dell'elemento (analisi dei rischi di degrado e dell'obsolescenza tecnica ed estetica); C. dell'esecuzione e della capacità tecnica dell'installatore/costruttore incaricato della realizzazione. Ambiente: D. aria interna; E. contesto climatico. Uso e manutenzione: F. condizioni di utilizzo; G. interventi di manutenzione programmata. La RSL costituisce la base per il calcolo e la valutazione della ESL che può essere svolta secondo la formula: $ESL = RSL \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G$. Uno studio condotto presso l'Università di Trento ha elaborato un altro metodo di valutazione della durabilità associata alla corretta esecuzione dell'opera per valutare analiticamente il degrado negli elementi portanti presenti nell'attacco a terra di strutture in legno. Cfr. Gaspari 2020.

²⁴ Ci si riferisce allo studio riportato in Palumbo e Gargari 2011. L'analisi è stata strutturata attraverso i seguenti passaggi: 1 – valutazione di impatto LCA delle due soluzioni tecniche (parete in muratura portante di laterizio e in pan-

Il nuovo regolamento sui prodotti da costruzione (CPR), emanato nell'aprile del 2024 (Parlamento europeo 2024), riferisce con chiarezza la rilevanza che deve essere attribuita alla stima effettiva della durabilità di un materiale, anche in relazione al contesto tecnologico in cui è inserito²⁵. A ciò va aggiunta l'attenzione riservata ad un «uso sostenibile delle risorse naturali nelle opere di costruzione» (requisito 8 dell'All. 1) che significa tendere verso la massimizzazione dell'utilizzo efficiente sotto il profilo delle risorse di materie prime e secondarie ad elevata sostenibilità ambientale. In questo quadro di indirizzo politico e normativo appare quindi lecito interrogarsi se sia più coerente e saggio promuovere l'impiego del legno come materiale naturale solo perché considerato biogenico²⁶ – condizione che come

nelli portanti in legno) sulla base delle «dichiarazioni ambientali di prodotto» (EPD); 2 – definizione dell'Expected Service Life (ESL) secondo il metodo definito dalla norma ISO 15686 delle due soluzioni di parete; 3 – analisi LCA della fase d'uso sulla base della ESL di ciascun strato e del piano di manutenzione; 4 – valutazione dell'impatto ambientale annuo delle due pareti sulla base dei dati ricavati nelle precedenti fasi 1, 2 e 3. Nello specifico, le EPD utilizzate per la fase 1 sono state ricavate dalla banca dati francese INIES, elaborata dal centro CSTB, riconosciuta a livello europeo. Per il pannello di legno, non essendo presente in banca dati la soluzione oggetto di studio (legno lamellare incollato), si è fatto riferimento al sito della fondazione delle EPD norvegesi (www.epd.norge.no). Le fasi del ciclo di vita considerate nei dati assunti sono quelle cradle to grave, esclusa la fase d'uso. Gli esiti evidenziano un impatto ambientale della soluzione in laterizio minore di quella in legno, in quanto, stante una vita utile del laterizio valutabile sui 110 anni rispetto ai 54 della soluzione in legno, l'indicatore delle emissioni di CO₂ è di 1,1 rispetto a 1,7, a favore del primo.

²⁵ Parlamento europeo 2024, comma 3.1 (a): «Massimizzazione della durabilità e dell'affidabilità del prodotto o dei suoi componenti, espresse in termini di indicazione della durata tecnica delle informazioni sull'uso effettivo del prodotto, resistenza alle sollecitazioni o meccanismi obsoleti e in termini di durata di vita media prevista, in termini di durata di vita minima nelle condizioni peggiori ma comunque realistiche nonché in termini di requisiti relativi alla durata di vita minima e di prevenzione dell'obsolescenza prematura».

²⁶ «Il termine “biogenico” significa derivato da biomasse (European Committee for Standardization, 2014); mentre un ‘prodotto biogenico’ è definito come ‘completamente o parzialmente derivato da biomassa’. È essenziale caratterizzarne la quantità di biomassa ivi contenuta e al contempo quantificare la percentuale di carbonio biogenico (European Committee for Standardization, 2015), che permette il calcolo delle emissioni di CO₂ stoccate nella loro biomassa e, quindi, non emesse. L'attributo fondamentale di questi prodotto è

riferito sopra non sembra però applicabile ai pannelli CLT per il tipo di lavorazione che ne alterano la natura originaria e le conseguenti modalità di dismissione²⁷ – oppure, per il caso italiano, riconsiderare le potenzialità di un materiale come l'argilla, risorsa naturale inesauribile e di semplice reperibilità, con la quale è stato realizzato quasi tutto il patrimonio costruito nel corso della nostra storia millenaria.

Ad oggi la risposta è in parte nei fatti. L'enfasi con la quale viene sostenuto l'impiego degli edifici in legno come soluzione ottimale per rispondere alle istanze della sostenibilità ambientale, nonostante tutte le incongruenze proprie della stessa matrice ecologista che le alimenta, non trova infatti ancora un riscontro nel mondo reale dell'impresa, quello guidato dalle effettive condizioni di fattibilità tecnico-economica delle opere²⁸. La tecnologia del legno, nella sua funzione strutturale e con riferimento al contesto normativo italiano²⁹, risulta ancora principalmente impiegata per l'esecuzione di strutture

difatti la percentuale di materiale rinnovabile effettivamente contenuta al suo interno». Cfr. Carcassi et al. 2021, 63-4.

²⁷ Motivo per il quale nella certificazione EPD dei produttori non viene spesso indicata solo la fase from cradle to gate, ovvero escludendo le fasi successive della vita dei pannelli, cioè la sagomatura, la messa in opera, l'esercizio, la manutenzione e la gestione del fine vita, in quanto vengono considerate correlate alle specifiche condizioni di contesto. Cfr. Artuso Legnami 2018.

²⁸ L'interessante studio condotto da Vittorio Salvadori presso la TU di Vienna, (Multi-Storey Timber-Based Buildings: An International Survey of Case-Studies with Five or More Storeys Over the Last Twenty Years, PHD Thesis, 2021), ha analizzato 201 edifici multipiano in legno realizzati negli ultimi venti anni e con una altezza superiore a cinque livelli. Gli esiti riferiscono la struttura portante è costituita quasi interamente da prodotti in legno ingegnerizzato o combinazioni ibride con materiali quali cemento e acciaio, con un podio in cemento armato e/o un nucleo dello stesso materiale. La maggior parte degli edifici è localizzato nei paesi d'oltralpe (Francia, Germania, Regno Unito, Svizzera) che oltre ad essere caratterizzati da un clima freddo non sono soggetti alla normativa sismica. Il caso italiano è rappresentato solo da tredici edifici (uno di 9 piani, uno di 8 piani, tre di 7 piani, tre da 6 piani, cinque da 5 piani), di cui solo tre interamente in CLT (XLAM). Cfr. Salvadori 2021.

²⁹ Non vi sono norme che impediscano di utilizzare strutture portanti in legno anche per edifici multipiano, come già indicato nella precedente nota, ma la normativa sismica in vigore in Italia (contenuta nelle NTC 2018), impone specifici vincoli nella progettazione delle soluzioni progettuali che per tale ragione sono condizionate a seguire la stessa concezione che guida le costruzioni murarie, ovvero ad impiegare impianti con matrici scatolari.

di grande luce in legno lamellare, come le coperture di grandi impianti, oppure, nella forma tradizionale per i tetti degli edifici, con specifico riguardo al patrimonio esistente.

Pertanto, sarebbe forse stato più utile ed efficace indirizzare questa importante azione di rinnovamento del parco scolastico adottando un modello di edificio basato sulla costruzione massiva e riservando l'impiego del legno solo per alcuni elementi costruttivi e componenti al fine di garantire quel principio indicato nelle linee guida sopra citate, per le quali «progettare oggi vuol dire assumersi la responsabilità di costruire scuole che devono durare alcuni decenni».

Un indirizzo che si fonda su alcuni assunti teorici alternativi alla visione che, in ossequio a più generale principio della circolarità, persegue l'obiettivo della sostenibilità ambientale adottando criteri basati sulla riduzione della densità materica (strutture leggere), sull'assemblaggio (costruzione a secco), sul riciclo (dei materiali) e riuso (dei componenti e manufatti). La ratio che informa tale visione, al di là degli obiettivi che sono ovviamente condivisibili, risiede in un vulnus che, almeno per il caso italiano, si scontra con questioni di natura operativa e pratica.

La questione del riuso è infatti marginale e poco significativa per il comparto delle costruzioni, al di là di quanto riportato nel battage comunicativo, essendo per lo più limitato alla dimensione del recupero (anche restauro in Italia) dei componenti edili o di manufatti di pregio artigianale³⁰. In Europa, specificatamente in Germania, Svizzera ed Olanda, sono presenti piattaforme digitali con la finalità di creare una rete commerciale di scambio basata su cataloghi di prodotti ricondizionati³¹, ma sono esperienze circoscritte e non significative

³⁰ Un mercato dell'usato che in Italia è peraltro sempre esistito sotto la veste del 'rigattiere' e che si è particolarmente sviluppato a partire dagli anni Ottanta con lo sviluppo delle attività del recupero edilizio, ma che, proprio per la sua condizione commerciale non è catalogabile come attività riconosciuta, come nel caso, alquanto emblematico, del 'robivecchi' di Pietracuta accusato di violazione della legge ambientale. Cfr. Chiavegatti 2021.

³¹ Ci si riferisce in particolare alle piattaforme Madaster, ME (Excess Material Exchange), De circulaire Bouwcatalogus presenti in Olanda, alla Concular e Restado in Germania e useagain in Svizzera.

rispetto al volume complessivo del materiale da costruzione conferito in discarica, come nel caso della stessa Germania³² e Svizzera³³.

La questione del riciclo è invece una tematica di primaria rilevanza, non solo per le istanze ambientali, ma anche riguardo ad una etica del costruire che deve essere ispirata, come ogni attività umana, alla riduzione dello spreco e ad una ottimizzazione delle risorse disponibili. Il rispetto di tale prerogativa è però correlato alle condizioni di contesto, ovvero a quale dominio è riferibile perché sia efficace ed applicabile. Se ci riferiamo al comparto della nuova costruzione e alla tipologia funzionale della residenza, e consideriamo che l'obiettivo primario per rispondere al tema della sostenibilità sia quello di realizzare edifici con una *vita utile di almeno 100 anni* e con una ridotta attività manutentiva in fase di esercizio, allora appare alquanto difficile sostenere che la strada da seguire sia quella dell'assemblaggio, ovvero delle tecnologie a secco, in ragione della possibilità di riciclare gli elementi costruttivi nella forma originale, perché è evidente che ciò non sia praticabile se misurata con una soglia temporale così lunga. Una putrella in acciaio, ad esempio, potrà essere rigenerata all'interno di un nuovo processo di rifusione, ma non certo riutilizzata nella forma primigenia³⁴.

In altri termini, il rispetto di quanto indicato dal DNSH, (Do No Significant Harm)³⁵ – che pone al 70% la soglia per il riciclo dei ri-

³² «Secondo una ricerca del Ministero dell'Ambiente il patrimonio edilizio in Germania comprende oggi circa 15 miliardi di tonnellate di materiale utilizzato, un contesto in cui la questione dei rifiuti da costruzione non può essere ignorata soprattutto da qui al 2050, traguardo riconosciuto come limite ultimo per un'Europa carbon free. Nonostante il settore dell'edilizia offra dunque un enorme potenziale di riciclaggio e urban mining, ancora oggi il riuso dei materiali risulta in Germania scarsamente praticato. Le cause sono da ricercarsi nella mancanza di conoscenza ed esperienza nel loro utilizzo da parte dei costruttori, nella presenza di eventuali sostanze tossiche nei materiali e dalla percezione che l'architettura circolare sia più costosa di quella lineare». Cfr. Zerboni 2023a.

³³ Dei circa 90 milioni di tonnellate di rifiuti prodotti annualmente nel paese, l'84% è costituito da macerie edili. Cfr. Zerboni 2023b.

³⁴ Anche oggi la possibilità di riutilizzo di un profilato in acciaio è regolata da normative nazionali ma primariamente condizionato dal grado di vetustà, ovvero dall'epoca di fabbricazione.

³⁵ Introdotto dal Regolamento (UE) 2020/852, (Regolamento Tassonomia) e a cui ha fatto riferimento il piano di finanziamento PNRR (Regolamento (UE) 241/2021).

fiuti da costruzione e demolizione – e dal protocollo CAM Edilizia³⁶ – che fissa gli standard minimi di presenza di riciclato nei materiali edili³⁷ – sono principi ineludibili ai quali attenersi e che, se letti secondo la prerogativa della *vita utile* dell’opera, inducono ad adottare strategie progettuali orientate ad una riduzione della *complessità tecnologica* degli edifici, per quantità e tipologia degli elementi e componenti, a fronte invece di un incremento della qualità delle caratteristiche materiche.

Una prospettiva che, congiuntamente alle indicazioni contenute nel già citato d.m. 127/2024 sull’utilizzo dei rifiuti inerti derivanti dalle attività di demolizione e ricostruzione³⁸, si mostra coerente con una concezione dell’edificio improntata sia sulla indipendenza tra l’organismo edilizio e l’apparato impiantistico, sia sulla differente scala temporale che connota la durabilità degli organismi strutturali e degli elementi costruttivi da quella dei componenti edili e delle finiture.

In sostanza, secondo tale approccio, il modello di edificio che meglio risponde ai criteri della sostenibilità ambientale è quello connotato dall’impiego di sistemi costruttivi che garantiscano una *vita utile*

³⁶ Il d.m. Mite 23 giugno 2022 (Gu 6 agosto 2022, n. 183) riporta i “Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”.

³⁷ In particolare al punto 2.5 Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione, viene indicato un contenuto minimo di materiale riciclato: a) calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati: 5%; b) acciaio per usi strutturali: da forno elettrico non legato: 75%; da forno elettrico legato: 60%; da ciclo integrale: 12%; c) laterizi: per muratura e solai: 15% se totalmente riciclati, 10%; per coperture, pavimenti e muratura faccia vista: 7,5%; d) prodotti legnosi: 70%; e) isolanti termici e acustici: cellulosa: 80%; lana di vetro: 60%; lana di roccia: 15%; vetro cellulare: 60%; fibre in poliestere: 50%; polistirene espanso sinterizzato: 15%; polistirene espanso estruso 10%; poliuretano espanso rigido: 2%; poliuretano espanso flessibile: f) 20%; tramezzatura, contropareti perimetrali e controsoffitti: 10%; g) murature in pietrame e miste: 100%; h) pavimenti resilienti: in plastica: 20%; in gomma: 10%; i) serramenti ed oscuranti in PVC: 20%.

³⁸ Che amplia le possibilità di utilizzo dei rifiuti inerti derivanti dalle attività di demolizione e ricostruzione per il loro riutilizzo nei sottofondi stradali e ferroviari, nei rilevati di opere in terra dell’ingegneria civile, negli strati di fondazione delle infrastrutture di trasporto e di piazzali civili e industriali.

dell'edificio di lunga durata (benchmark superiore ai 100 anni), con un ridotto numero di componenti per diminuire i cicli manutentivi e i relativi costi, con una indipendenza dell'apparato impiantistico e dei dispositivi di gestione e controllo delle funzionalità d'uso per assicurare un adattamento ai mutamenti indotti dall'innovazione tecnologica di questo ambito.

Se poi la valutazione complessiva viene estesa anche alle altre categorie di natura prestazionale (sicurezza strutturale in ambito sismico, protezione al fuoco, efficienza energetica, isolamento acustico) ed economiche, si ritiene che la tipologia costruttiva che oggi soddisfa meglio le condizioni esposte, per il comparto dell'edilizia residenziale multipiano, sia quella in scheletro portante in cemento armato, tamponamenti monostrato in laterizio, orizzontamenti latero-cementizi (solai e coperture piane) e in legno nel caso di coperture a falde inclinate.

Per tale ragione questa tipologia costruttiva è impiegata nella quasi totalità degli edifici residenziali multipiano realizzati oggi in Italia. Il passaggio che deve essere ancora compiuto è quello di estendere il dominio di efficacia dall'ambito prestazionale ed economico a quello di una più stingente valutazione dei requisiti di sostenibilità ambientale attraverso l'adozione di strategie progettuali basate sui principi sopra esposti e che devono anche soddisfare le istanze di una riduzione dei consumi energetici secondo il modello dell'"edificio adiabatico"³⁹.

Se dunque si dovessero delineare i presupposti e principi che informano un indirizzo politico a supporto della strategia da adottare in risposta a quanto richiesto dalla UE in questo ambito di competenza, questi sono riassumibili nei seguenti punti.

³⁹ A partire dall'adozione di questo modello costruttivo è infatti possibile applicare le altre strategie progettuali mirate ad una migliore gestione dei cicli manutentivi dei componenti edili, della flessibilità d'uso e dell'indipendenza dell'apparato impiantistico, come ad esempio: 1) intonaco termoisolante in sostituzione dell'isolante a cappotto; 2) controparete interna in cartongesso per canalizzazione impianto elettrico e sanitario (con possibile integrazione di isolante); 3) massetti pavimenti alleggeriti a secco; 4) divisori interni prefabbricati ed assemblati a secco; 5) impianto con pompa di calore per la climatizzazione e la produzione di acqua sanitaria.

1. Misurazione dei dati

La prima annotazione è inerente alla priorità assegnata alla questione energetica che viene oggi giustificata in ragione degli impatti ambientali. Tale condizione non è però un presupposto ma un requisito prestazionale al pari di altri e va pertanto valutato secondo una procedura ex post e non sulla base di simulazioni progettuali.

In termini operativi significa adottare una strategia simile a quella impiegata con l'emanazione dei 'certificati bianchi', ovvero sugli effettivi consumi attestati dalle bollette energetiche. Secondo questo modello i benefici fiscali, modulati secondo i relativi dettami legislativi, riescono a soddisfare una oggettiva applicazione della misura e sono indipendenti da quelli inerenti agli interventi di natura edilizia.

Tale prospettiva induce a distinguere le finalità di una certificazione energetica ex ante basata sulla modellazione, ovvero predittiva, da una attestazione ex post per gli eventuali benefici fiscali attesi che si configurano come potenziali crediti. Questo doppio canale consentirebbe di mantenere inalterate l'attuale impianto normativo correlato alla classificazione energetica (per vendite, locazioni, finanziamenti...) ma consentirebbe di modulare in misura percentuale gli eventuali benefici fiscali sulla base dell'effettivo range di miglioramento conseguito.

La riduzione dei consumi di gas è infatti uno dei primari motivi per i quali il CNI (Consiglio Nazionale degli Ingegneri) ha giustificato l'effetto virtuoso generato dal Superbonus 110% sostenendo che gli interventi edilizi hanno sortito, tra il 2020 e il marzo 2023,

un risparmio energetico di 14.170 Gwh/anno, pari a 1,2 miliardi di metri cubi standard di gas. Per avere un ordine di grandezza la spesa avrebbe contribuito al momento al 48% del risparmio energetico che il Governo si prefiggeva di realizzare nella stagione invernale 2022-2023 per far fronte alla crisi energetica (Consiglio Nazionale degli Ingegneri 2023).

Quanto riferito dallo studio del CNI si basa ovviamente su stime basate su simulazioni, non disponendo di nessun dato che attesti la veridicità della valutazione, ma l'aspetto rilevante è che tale indicatore venga assunto come parametro su cui fondare la giustificazione dei benefici effetti della misura.

Se dunque questo può essere considerato un obiettivo che include sia la tesi ambientalista sul decremento degli impatti che quella economico-finanziaria di una minore dipendenza energetica dalle fonti fossili, allora l'unica vera strada percorribile è quella di affiancare ai protocolli di simulazione una stima reale basata sui dati misurati ottenendo il duplice effetto di sostenere le pratiche virtuose e di calibrare gli strumenti previsionali attraverso un riscontro effettivo dell'efficacia delle misure adottate.

È infatti noto l'effetto 'rebound' che si attua quando i guadagni in termini di efficienza energetica, anziché ridurre il consumo totale di energia, può indurre ad un aumento complessivo dei consumi. Questo fenomeno è stato osservato in differenti ambiti, tra cui quello del comparto della residenza, dove il comfort aggiuntivo indotto dalla possibilità di riscaldare o raffreddare ambienti per periodi più lunghi o a mantenere temperature più elevate, riduce i benefici complessivi anche dell'ordine del 20 -30% di quello necessario⁴⁰.

Diversamente la possibilità da parte dell'utente di impiegare un credito corrispondente alla potenziale riduzione della quota di CO₂, si iscrive all'interno di una visione delle politiche ambientali per le quali invece di favorire l'adozione dei bonus si preferisce prefigurare un sistema integrato e solidale delle misure, come ad esempio quello di poter impiegare tale credito all'interno dei servizi della municipalità, attivando un processo virtuoso che dal livello della cittadinanza passa alla dimensione dei governi dei territori fino ad arrivare a fornire una misura reale e concreta per le politiche governative a scala nazionale, nel rispetto di quanto richiesto dalla Direttiva Europea.

Un modello che porterebbe nell'arco di un quinquennio ad avere un quadro molto più accurato e ampio di quello prefigurato dall'attuale banca dati SIAPE, di cui detto, perché, seppure fondato su ba-

⁴⁰ Uno studio condotto dall'Università di Cambridge su 55.000 edifici situati in Inghilterra e Galles che hanno realizzato interventi di coibentazione dell'involucro in oltre venti anni (2005-2017) ha evidenziato che l'abbattimento dei consumi si è esaurito nell'arco di soli quattro anni (dal 7% del primo anno al 2,5% del secondo) e ciò è imputabile all'adattamento a stili di vita che tendenzialmente seguono le condizioni di maggior benessere. Cfr. CONOU 2025.

se volontaria, si basa su un campione di milioni di utenti che sono indotti a ottenere un vantaggio diretto.

L'eventuale differenziazione dei crediti per fasce di reddito per ragioni di equità fiscale è una questione che esula dall'ambito di competenza dello scrivente, ma è necessario ricordare, come evidenziato nelle pagine che precedono, quali categorie sociali hanno beneficiato degli effetti del Superbonus 110% e derivati in ragione della sua ipotetica efficacia in termini di impatti ambientali.

Diversamente se i benefici venissero modulati sulla reale misura dei consumi domestici, ciò consentirebbe di allineare la misura all'applicazione dei sistemi intelligenti come previsto dalla EPBD 1275/24 in quanto compatibile con l'uso di tecnologie digitali oggi disponibili.

Il controllo real time dei consumi per il riscaldamento in impianti tradizionali con termosifoni è infatti facilmente ottenibile attraverso l'impiego di testine termostatiche connesse ad un sistema di regolazione da remoto che consente di modulare la temperatura e di calibrare il flusso in ragione delle condizioni ambientali interne.

Il combinato disposto di questa tecnologia con quella dei contatori digitali garantisce un controllo costante ed immediato dei consumi, potendo registrare e calibrare i conseguenti benefici compensativi.

2. Catalogazione digitale

Tutto ciò si correla anche al livello della gestione digitale di una grande mole di dati che oggi è alla base dello sviluppo dei sistemi di Intelligenza Artificiale. Tale base conoscitiva se incrociata con le caratteristiche anagrafiche, dimensionali e tipologico-costruttive degli edifici, consentirebbe di disporre di una banca informativa correlata alla richiesta di benefici fiscali che potrebbe essere impiegata a supporto delle analisi per il monitoraggio delle effettive misure di efficientamento energetico, superando l'aleatorietà delle certificazioni energetiche e dei relativi software di simulazione.

Una dimensione della conoscenza che richiede necessariamente la messa in campo di un piano di digitalizzazione del patrimonio edilizio esistente, oggi rappresentato dalle sole certificazioni energetiche ma che, come detto, non sono indicative e veritiere per tale finalità.

Alla priorità della questione energetica si sostituisce quella della *vita utile* in ragione della misura temporale e delle caratteristiche materiali degli edifici. Un passaggio chiave per sostenere un piano di rinnovamento del patrimonio esistente fondato sull'identificazione della *vita utile* degli edifici è rappresentato dall'impiego dei sistemi informativi per la conoscenza, catalogazione e gestione dei dati caratteristici che ne identificano la natura materiale oltre che anagrafica, tipologica e dimensionale. La valutazione della *vita utile* di un edificio è infatti la prima condizione indispensabile per poter formulare una analisi costi-benefici di un intervento edilizio, sia se riferito al patrimonio esistente, sia al comparto della nuova costruzione.

Riguardo al patrimonio esistente l'identificazione della *vita utile* è definibile mediante l'impiego di metodologie speditive basate sulla comparazione analogica con classi di edifici aventi le medesime caratteristiche di ordine anagrafico, tipologico e costruttivo ed attuabile con sistemi informativi a scala urbana. Tale analisi, seppure semplificata rispetto alle prerogative poste dal "Fascicolo digitale del fabbricato", consente di identificare le primarie caratteristiche di un edificio e sufficienti per determinare la classe di riferimento ai fini dell'applicazione di una modularità nel riconoscimento degli incentivi fiscali per gli interventi di 'ristrutturazione profonda' o di 'demolizione e ricostruzione'.

Nel caso della nuova costruzione la valutazione della *vita utile* dovrebbe corrispondere ad una soglia temporale di almeno 100 anni e fondata sull'analisi LCA correlata ai cicli manutentivi dei componenti.

3. Premialità

Le misure di incentivazione fiscale per il settore edilizio rimangono una prerogativa per quanto attiene le categorie della manutenzione, ordinaria e straordinaria, ma dovrebbero essere rimodulate per quelle inquadrabili come 'ristrutturazione profonda' e 'come demolizione e costruzione'.

La progressività nella modulazione degli incentivi dovrebbe seguire una ratio opposta a quella adottata nell'erogazione dei contributi per le recenti misure dell'Eco-bonus e Superbonus 110% che, essendo fondate solo sull'aspetto energetico, hanno vincolato il finanziamen-

to al superamento di almeno due classi energetiche, sempre su base previsionale, mentre il modello basato sull'identificazione della *vita utile* considera che più un edificio è scadente (*vita utile breve*) e più bassa è la quota riconosciuta come contributo, fino ad azzerarsi nel caso in cui vi siano condizioni di precarietà strutturale⁴¹.

In forma inversa, la collocazione nelle classi più basse della *vita utile* di un edificio esistente, dovrebbe consentire di usufruire di una quota crescente degli incentivi, sia di ordine fiscale che urbanistici nel caso di demolizione e ricostruzione. L'obiettivo è infatti il medesimo prefigurato dalla direttiva EPBD 1275/24, ma con la sostanziale differenza che viene privilegiata la pratica della demolizione e ricostruzione perché considerata la risposta più coerente ed efficace per promuovere un piano di rinnovamento del parco edilizio residenziale che, per caratteristiche materiche e per condizioni anagrafiche, ha già esaurito la sua *vita utile*.

In questo quadro, incentrato sui principi della sostenibilità ambientale, rientrano le politiche urbanistiche delle amministrazioni locali, il cui fondamentale contributo è correlato alla possibilità di favorire tale processo sia con strumenti urbanistici dedicati, sia con l'adozione di sistemi informativi di cui detto al fine di restituire una catalogazione digitale del patrimonio esistente per classi tipologiche e integrata con i modelli GIS.

Un indirizzo complementare a quello comunemente etichettato con il termine di rigenerazione urbana, in quanto votato a fornire una mappatura puntuale della fisionomia dei tessuti edilizi alla scala degli isolati. Si ritiene infatti che questo sia il livello su cui traghettare le analisi sui benefici attesi dai processi trasformativi che interesseranno nei prossimi decenni le prime cinture urbane fuori dei centri storici.

Rispetto alla dimensione di queste tematiche, la questione energetica è indubbiamente meno rilevante. Se spostiamo l'asse temporale

⁴¹ Come nel caso di strutture in scheletro in cemento armato con valori di resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo inferiori ai 120 kg/cmq, ed in analogia al modello promosso dalla Regione Toscana con il programma per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato (VSCA) che ha condizionato il riconoscimento del contributo per gli interventi di riqualificazione del patrimonio pubblico sulla base di una verifica di tale parametro.

in avanti di trent'anni è forse plausibile prefigurare alcuni scenari, seppure viziati da variabili non definibili, ma oltre a questo termine ogni riflessione rimane confinata ad un esercizio di stile.

Mentre di contro, se adottiamo il presupposto che un edificio debba avere una *vita utile* di almeno 100 anni, dobbiamo conseguentemente tenere conto di quali siano i criteri minimi che lo rendano compatibile con tali processi evolutivi.

Secondo questo presupposto appare dirimente la questione della bassa manutenibilità, dell'alta durabilità, dell'indipendenza dei sistemi tecnologici dalla struttura fisica dell'edificio, della riduzione dei componenti e degli elementi di fabbrica, degli impatti ambientali di fine vita.

Spostare il range del *Reference Study Period* da 50 a 100 anni nelle valutazioni dell'LCA e dell'LCC, costituisce in questo senso un passaggio essenziale per promuovere un'altra visione e seguire un diverso indirizzo nelle politiche di premialità a fini ambientali, soprattutto se riferito alla condizione italiana.

In questo quadro si iscrive infatti l'assunto che la misura della qualità della costruzione debba comprendere il fattore tempo come un indicatore primario. La scala di questa misura è la durabilità che, in questo ambito, è anche espressione della sostenibilità.

Un assunto che per la nostra cultura costruttiva secolare è ben descritto dallo *status* di rudere, ovvero di un manufatto che con il tempo, progressivamente, ritorna alla condizione materiale originaria, come parte di quella natura di cui è stato un prodotto. Si ritiene che il concetto di sostenibilità in questo campo e per i nostri luoghi sia proprio questo. Alcuni sostengono che debba essere ricercato nella 'leggerezza'; si crede invece che la densità materica e la durabilità, un peso elevato e un tempo lungo, siano i requisiti essenziali per rispondere al meglio al tema dell'*etica del costruire* di cui il principio della sostenibilità è sicuramente parte, ma non esaustivo.

Riferimenti bibliografici

- Accetturo, A., E. Olivieri, e F. Renzi. 2024. “L’impatto economico degli incentivi fiscali alle ristrutturazioni edilizie.” *Questioni di Economia e Finanza* 860. <<https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2024-0860/>> (2025-08-10).
- Agenzia delle Entrate. 2024. *Statistiche catastali 2023. Catasto fabbricati*. Report del 18 luglio 2024.
- Agenzia Internazionale dell’Energia. 2024. *World Energy Outlook 2024*. <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/c036b390-ba9c-4132-870b-ffb455148b63/WorldEnergyOutlook2024.pdf>> (2025-08-10).
- Anderson, C. 2008. “The End of Theory: The data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete.” *Wired*, 23 June, 2008. <<https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/>> (2025-08-10).
- ANIA – Associazione Nazionale fra le Imprese Assicuratrici. 2024. *AllontANIAMO i rischi, rimANIAMO protetti 2023*. <<https://www.ania.it/documents/35135/343208/Ed-2024+english.pdf/42d09333-026a-0cc7-c1a4-b336551ef404?version=1.6&t=1726209014774.pdf>>. (2025-08-10).
- ANIT – Associazione Nazionale per l’Isolamento Termico e Acustico. 2017. *Nuova ISO 21930:2017 sulla sostenibilità in edilizia*. Comunicazione online ANIT. <<https://www.anit.it/pubblicata-la-nuova-iso-219302017-sulla-sostenibilita-edilizia-2>> (2025-08-10).

- Artuso Legnami s.r.l. 2018. *Environmental Product Declaration (EPD) for X-LAM panel* (Registro S-P-01408; conforme a EN 15804:2014, PCR 2012:01 v2.3). Emesso il 11 dicembre 2018, valido fino al 11 dicembre 2023. International EPD® System. <<https://www.artusolegnami.it/certificazioni/>> (2025-08-10).
- Bellicini, L. 2022. “Il mercato del rinnovo edilizio residenziale, nuovi e vecchi driver per il settore delle costruzioni.” *Techne* 22: 26-32.
- Benedetti, A. C., C. Carlo, and R. Gulli. 2024. “A GIS-based procedure for residential urban fabrics characterisation. The case study of Bologna.” In *Morphology and Urban Design – new strategies for a changing society*. Proceedings of 6th ISUF Italy International Conference (Bologna, 8-10 June 2022), edited by M. Maretto, N. Marzot, and A. Ferrante, 290-302. Roma: L’Erma di Bretschneider.
- Benedetti, A. C., C. Carlo, e R. Gulli. 2021. “Ri-costruire per ri-generare. La nuova frontiera del Digital Twin per le periferie urbane del secondo Novecento a Bologna.” In *Colloqui.AT.e 2022 – Memoria e Innovazione*, a cura di E. Dassori, e R. Morbiducci, 370-87. Monfalcone: Edicom edizioni.
- Benedetti, A. C., C. Carlo, e R. Gulli. 2022. “Verso la definizione di strumenti di supporto decisionale per la pianificazione sostenibile delle periferie urbane. Il caso studio di Bologna.” In *Colloqui.AT.e 2022 – Memoria e Innovazione*, a cura di E. Dassori, e R. Morbiducci, 775-91. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Benedetti, A. C., C. Costantino, R. Gulli, and G. Predari. 2022. “The Process of Digitalization of the Urban Environment for the Development of Sustainable and Circular Cities: A Case Study of Bologna, Italy.” *Sustainability* 14, 13740: 1-26.
- Benedetti, A. C., C. Costantino, R. Lobosco, G. Predari, and R. Gulli. 2025. “Comparative LCA Scenarios for Urban Regeneration of Residential Building Stock. Application to an Existing High-density Urban Block in Bologna.” *Energy and buildings* 329, 115270: 1-12.
- Braggiotti, F. et. al. 2024. “Predicting buildings’ EPC in Italy: a machine learning based approach.” *Questioni di Economia e Finanza* 850.
- Camera dei deputati – XVII Legislatura. 2017. *Elaborazione ISTAT per la Commissione parlamentare di inchiesta sulle condizioni di sicurezza e sullo stato di degrado delle città e delle loro periferie* (doc. XXII-bis, n. 19, 14 dicembre 2017). <https://www.camera.it/_dati/leg17/lavori/documentiparlamentari/indiceetesti/022bis/019/INTERO.pdf> (2025-08-10).
- Camera dei deputati – XVIII Legislatura. 2020. *Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell’impatto delle*

- misure di incentivazione* (Documentazione e ricerche, n. 32/2, 26 novembre). <<https://www.camera.it/temiap/2020/11/26/OCD177-4699.pdf>> (2025-08-10).
- Camera dei deputati – XVIII Legislatura. 2021. *Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione* (Documentazione e ricerche, n. 32/3, 9 dicembre). <<https://www.camera.it/temiap/2020/11/26/OCD177-4699.pdf>> (2025-08-10).
- Carcassi, O. B., et al. 2021. “Catalogo ragionato dei prodotti biogenici in Europa. Una visione anticipatoria tra potenzialità tecniche e disponibilità.” *Techne* 22: 63-4.
- Chen, L., H. Zhang, J. Wang, C. Liu, and Y. Lin. 2024. “A comprehensive review of a building-integrated photovoltaic system (BIPV).” *International Communications in Heat and Mass Transfer* 159 (Part B): 106004. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.106004>
- Chiavegatti, E. 2021. “San Leo, che bella la Bottega in strada. Anzi no: “Macchè è una discarica.”” *Corriere Romagna*, 3 giugno, 2021. <<https://www.corriereromagna.it/rimini/san-leo-che-bella-la-bottega-in-strada-anzi-no-macche-e-una-discarda-GQCR235928>> (2025-08-10).
- Commissione Europea. 2020. *Un'ondata di ristrutturazioni per l'Europa: investire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita* (COM(2020) 662 final). Comunicazione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni.
- CONOU – Consorzio Nazionale per la Gestione, Raccolta e Trattamento degli Oli Minerali Usati. 2025. *Rapporto di sostenibilità 2024: Evento “Made in Italy per il futuro del pianeta”*. <<https://www.conou.it/comunicazione/rapporto-di-sostenibilita-2024-programma-dellevento-made-in-italy-per-il-futuro-del-pianeta/>> (2025-08-10).
- Consiglio Nazionale degli Ingegneri. 2021. “L'impatto sociale ed economico dei Superbonus 110 % per la ristrutturazione degli immobili: stime e scenari.” MyING. <https://www.mying.it/documents/64/01_Limpatto_sociale_ed_economico_dei_Superbonus_110.pdf> (2025-08-10).
- Consiglio Nazionale degli Ingegneri. 2023. *Circolare n. 38 (DV13876): depositata presso la Commissione V del Consiglio nazionale il 28 aprile 2023* (Prot. CNI n. 5776). CNI – XX Sessione <<http://cni-online.it/Attach/DV13876.pdf>> (2025-08-10).
- Cook, J. et al. 2013. “Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature.” *Environmental Research Letters*: Lett. 8.

- Corsello, F., e V. Ercolani. 2024. "The role of the Superbonus in the growth of Italian construction costs." *Questioni di Economia e Finanza* 903.
- Costantino, C., A. C. Benedetti, and R. Gulli. 2022a. "Renovation and reconstruction of built heritage. criteria, instruments, and means for energy savings at urban scale." In *Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022*, 607-14. Albena: STEF92 Technology.
- Costantino, C., A. C. Benedetti, and R. Gulli. 2022b. "Valutazione speditiva della carbon footprint nella fase di fine-vita di un isolato residenziale. Analisi comparativa tra differenti scenari di demolizione e trattamento dei rifiuti basata su LCA e LCC." In *Colloqui.AT.e 2022 - Memoria e Innovazione*, a cura di Enrico Dassori, Renata Morbiducci, 1223-239. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Costantino, C., A. C. Benedetti, and R. Gulli. 2023a. "Quick GIS-based tools for energy simulation, LCA and LCC analysis at the urban block scale. A cradle-to-cradle comparative methodology for evaluating energy refurbishment and demolition-reconstruction scenarios." In *Colloqui.AT.e 2023 / In Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito / In Transition: challenges and opportunities for the built heritage*, a cura di F. Fatiguso, F. Fiorito, M. De Fino, e E. Cantatore, 769-87. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Costantino, C., A. C. Benedetti, and R. Gulli. 2023b. "Simplified Multi-Life Cycle Assessment at the Urban Block Scale: GIS-Based Comparative Methodology for Evaluating Energy Efficiency Solutions." *Buildings* 13, 2355: 1-30.
- Costantino, C., A. C. Benedetti, and R. Gulli. 2024. "The Role of Circular Design Principles in the Language of Residential Architecture. A Reflection on the Implications that Technical Aspects Bring to the Contemporary Way of Building." In *Contemporary Heritage Lexicon*, edited by C. Bartolomei, A. Ippolito, and S. H. T. Vizioli, 1-23. Cham: Springer.
- Costantino, C., S. Bigiotti, A. Marucci, and R. Gulli. 2024a. "Sustainability Assessment of Refurbishment vs. New ZEB Construction Systems: A Long-Term LCA Perspective on Durability and Building Lifespan." In *Colloqui.AT.e 2024*. Proceedings of the 11th International Conference of Ar.Tec. (Scientific Society of Architectural Engineering), vol. 3, 205-25. Cham: Springer.
- Costantino, C., S. Bigiotti, A. Marucci, and R. Gulli. 2024b. "Long-Term Comparative Life Cycle Assessment, Cost, and Comfort Analysis of Heavyweight vs. Lightweight Construction Systems in a Mediterranean Climate." *Sustainability* 16, 20: 1-29.

- Di Perna, C., S. Summa, and G. Remia. 2022. "Comparative and sensitivity analysis of numerical methods for the discretization of opaque structures and parameters of glass components for EN ISO 52016-1." *Energies* 15, 3: 1030. <<https://www.mdpi.com/1996-1073/15/3/1030>> (2025-08-10).
- Di Perna, C, S. Summa, e G. Remia. 2023. "Vantaggi delle strutture massive sul comfort termico in fase estiva." *Costruire in Laterizio* 191: 64-9.
- Cristianini, N., 2023. *La scorciatoia*. Bologna: il Mulino.
- D’Orazio, M., R. Gulli, G. Salvalai, A. Massafra, G. Bernardini, R. Villa, M. Grecchi, G. Predari, and G. Romano. 2025. "Occupant-based digital predictive management to improve the built environment." In *Envisioning the futures. Designing and building for people and the environment. Book of abstracts*, 143. Trento: Università degli Studi di Trento.
- De Blasio, G., et. al. 2024. "Il miglioramento dell’efficienza energetica delle abitazioni in Italia: lo stato dell’arte e alcune considerazioni per gli interventi pubblici." *Questioni di Economia e Finanza* 845.
- Ediltecnico. 2016. *Fascicolo del fabbricato: le leggi regionali vigenti e le proposte di legge*. <<https://www.ediltecnico.it/wp-content/uploads/2016/09/Fascicolo-di-fabbricato-regioni.pdf>> (2025-08-10).
- ENEA. 2020. *9° Rapporto Annuale sull’Efficienza Energetica – RAEE 2020*. Roma. <<https://www.energiaenergetica.enea.it/publicazioni/raee-rapporto-annuale-sull-efficienza-energetica/rapporto-annuale-sull-efficienza-energetica-2021.html>> (2025-08-10).
- ENEA. 2023. "Online nuova versione del software per la certificazione degli edifici." (Comunicazione istituzionale del 21 settembre). <<https://www.energiaenergetica.enea.it/vi-segnaliamo/online-nuova-versione-software-per-la-certificazione-degli-edifici.html>> (2025-08-10).
- ENEA. 2025. *SuperEcobonus – Report dati mensili: 31 agosto 2025*. Roma: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA).<https://www.energiaenergetica.enea.it/images/Report_31_08_2025.pdf> (2025-09-30).
- Eurostat. 2020. "Urban and rural living in the EU." *Eurostat News*, 7 febbraio, 2020. <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20200207-1>> (2025-08-10).
- Eyring, V., S. Bony, G. A. Meehl, C. A. Senior, B. Stevens, R. J. Stouffer, and K. E. Taylor. 2016. "Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization." *Geoscientific Model Development* 9, 5: 1937-958. <<https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>>

- Fantilli, P., et al. 2019. “Confronto tra le proprietà eco-meccaniche di edifici con struttura in calcestruzzo e legno.” *Ingenio Sostenibile*, 10 settembre, 2019.
- Fraunhofer IBP. 2015. *Definizione del comportamento a lungo termine dei sistemi di isolamento termico*, vol. 42, n. 539. Stuttgart: Fraunhofer Institute for Building Physics.
- Gargari, C., e F. Fantozzi. 2022. “Prodotti da costruzione in un’ottica di sostenibilità ambientale.” *Costruire in Laterizio* 189: 68-78.
- Gaspari, A., et al. 2020. “Valutare analiticamente la durabilità delle strutture in legno. Il caso dell’attacco a terra.” *Structural* 227: 1-17.
- Global Carbon Project. 2023. *Fossil CO₂ emissions at record high in 2023*. Global Carbon Budget. <<https://globalcarbonbudget.org/fossil-co2-emissions-at-record-high-in-2023/>> (2025-08-10).
- GSE – Gestore dei Servizi Energetici. s.d. *Certificati Bianchi – Titoli di efficienza energetica: meccanismo e modalità di funzionamento*. <<https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/certificati-bianchi>> (2025-08-10).
- Gulli, R. 2021. *Recupero e conservazione degli edifici. Tutela e prevenzione in ambito sismico*. Monfalcone: Edicom.
- Gulli, R. 2023. “Progettare per insule. Un modello per la rigenerazione urbana / Designing for insulae. A model for urban regeneration.” In *Architecture at the beginning of third millenium. Theory, design, construction*, 15-31. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Gulli, R. 2024. *Del costruire. Epistemologia dell’architettura*. Macerata: Quodlibet.
- Gulli, R., A. C. Benedetti, e C. Carlo. 2022. “Obiettivo 2030. Nuovi paradigmi per l’edilizia residenziale delle periferie urbane / Goal 2030. New Paradigms for Housing in Urban Peripheries.” In *2030 d.c. Proiezioni Future per una Progettazione Sostenibile*, 379-88. Roma: Gangemi Editore.
- Happer, W., R. Lindzen. 2022. “Comment and Declaration on the SEC’s Proposed Rule “The Enhancement and Standardization of Climate-Related Disclosures for Investors”.” File n. S7-10-22, 87 Fed. Reg. 21334 (April 11). <www.sec.gov/comments/s7-10-22/s71022-20132171-302668.pdf> (2025-08-10).
- Hey, T., S. Tansley, and K. Tolle. edited by. 2009. *The Fourth Paradigm. Data-Intensive Scientific Discovery*. Redmond (WA): Microsoft Corporation.
- Housing Europe. 2019. *The State of Housing in the EU 2019*. Bruxelles: Housing Europe Observatory.
- International Energy Agency. 2022. *The Future of Heat Pumps*. <<https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>> (2025-08-10).

- International Energy Agency. s.d. “Italy – Countries & Regions.” IEA. <<https://www.iea.org/countries/italy>> (2025-08-10).
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. 2022. *Gli indicatori del clima in Italia 2021*. Rapporto 99/2022. Roma: ISPRA. <<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/gli-indicatori-del-clima-in-italia-nel-2021-2013-anno-xvii>> (2025-08-10).
- ISTAT. 2011. *Censimento della popolazione e delle abitazioni 2011*. Istituto Nazionale di Statistica. <<https://www.istat.it/it/archivio/104317IRP>> (2025-08-10).
- ISTAT. 2022a. “L’energia nelle nostre case.” *News, Dati alla mano*, 2 settembre, 2022. <<https://www.istat.it/news-dati-alla-mano/lenergia-nelle-nostre-case/>> 2025-08-10).
- ISTAT. 2022b. *Il benessere equo e sostenibile (BES) 2021*. Roma: ISTAT. <https://www.istat.it/it/files/2022/04/BES_2021.pdf> (2025-08-10).
- ISTAT. 2024. *Previsioni della popolazione residente e delle famiglie*. Report del 24 luglio 2024. <https://astepubbliche.notariato.it/web/allegati/cms/sge/news/pdf_news2024/Statistiche_Catastali_2023_20240718.pdf> (2025-08-10).
- Kuhn, T. E. 2009. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Torino: Einaudi.
- Kuhn, T. E., C. Erban, M. Heinrich, et al. 2021. “Review of technological design options for building integrated photovoltaics (BIPV).” *Energy and Buildings* 231: 110381. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110381>> (2025-08-10).
- Lavagna, M. 2022. “Politiche europee e orientamenti normativi sui temi della sostenibilità ambientale.” *Costruire in Laterizio* 189: 62-67.
- Legambiente. 2021. *Abbatti l’abuso 2021: Report nazionale sull’abusivismo edilizio in Italia*. <<https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/06/Abbatilabuso-2021.pdf>> (2025-08-10).
- Marino, F., P. Rosario, e P. Marrone. 2020. “Da durata a service life a un nuovo paradigma di durabilità per la sostenibilità nelle costruzioni.” *Techne* 20: 148-56.
- Martín-Chivelet, N., R. Moreno, B. Zamora, and M. Fuentes. 2022. “Building-Integrated Photovoltaic (BIPV) products and systems: A review of energy-related behavior.” *Energy and Buildings* 262: 111951. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111951>>
- Massafra, A., C. Costantino, G. Predari, and R. Gulli. 2023. “Building Information Modeling and Building Performance Simulation-Based Decision Support Systems for Improved Built Heritage Operation.” *Sustainability* 15: 1-31.

- Massafra, A., D. Prati, and R. Gulli. 2024a. "Reverse Engineering for the Structural Analysis of Heritage Constructions." In *Structural Analysis of Historical Constructions*. Proceedings of SAHC 2023 (Kyoto, 12-15 September 2023), 156-69. Cham: Springer (Rilem Bookseries 46).
- Massafra, A., D. Prati, and R. Gulli. 2024b. "Reverse Engineering Workflows for the Structural Assessment of Historical Buildings." *International Journal of Architectural Heritage*: 1-22.
- Massafra, A., e R. Gulli. 2022. "Strumenti e modelli per la gestione digitale del patrimonio costruito." In *Memoria e Innovazione*, a cura di E. Dassori, e R. Morbiducci, 1241-260. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Massafra, A., e R. Gulli. 2023a. "Enabling Bidirectional Interoperability between BIM and BPS through Lightweight Topological Models." In *Digital Design Reconsidered* (eCAADe Proceedings, vol. 2), edited by W. Dokonal, U. Hirschberg, and G. Wurzer, 187-96. Graz: eCAADe Organisation. <<https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2023.2.187>>
- Massafra, A., e R. Gulli. 2023b. "Il paradigma del gemello digitale per la gestione prestazionale del patrimonio costruito. The Digital Twin Paradigm for the Performance-based Management of Built Heritage." In *In Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito*, 1667-684. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Massafra, A., G. Predari, and R. Gulli. 2022. "Towards digital twin driven cultural heritage management: a hbim-based workflow for energy improvement of modern buildings." *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences* 46, 5 (W1): 149-57.
- Massafra, A., U. M. Coraglia, G. Predari, and R. Gulli. 2024a. "Building Information Model Analysis Through Large Language Models and Knowledge Graphs." In *Data-Driven Intelligence*. Proceedings of the 42nd Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe 2024), vol. 1 (Nicosia, 11-13 September 2024), 685-94. Bruxelles: eCAADe.
- Massafra, A., U. M. Coraglia, G. Predari, and R. Gulli. 2024b. "Graph-Based Digital Decision Support Systems: Introducing BTwin, a Toolkit for Building Performance Management." In *Proceedings of the 2024 European Conference on Computing in Construction* (Chania, Crete, 14-17 July 2024) vol. 5, 316-23. New Castle: European Council for Computing in Construction.
- Massafra, A., U. M. Coraglia, G. Predari, e R. Gulli. 2024c. "Prototipazione di sistemi digitali di supporto alla gestione prestazionale degli edifici." *EDA. Esempi di Architettura*: 169-78.

- Massafra, A., U. M. Coraglia, G. Predari, and R. Gulli. 2025. "Digital Decision Support System Prototyping for Building Performance Analysis and Management." In *Architectural Engineering in Italy and Worldwide: Comparing Experiences*. Proceedings of the 11th International Conference of Ar.Tec. Colloqui.AT.e 2024 (Palermo, Italy, 12–15 June 2024), 489-506. Cham: Springer (Lecture notes in civil engineering 611).
- Massafra, A., W. Jabi, and R. Gulli. 2024. "Topological BIM for building performance management." *Automation in construction* 166, 105628: 1-18.
- Micelli, E. 2011. *La gestione dei piani urbanistici*. Venezia: Marsilio.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. 2023. *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) – giugno 2023*. https://www.mase.gov.it/portale/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf (2025-08-10).
- Ministero dell'Economia e delle Finanze – Dipartimento del Tesoro. 2019. *Rapporto sugli immobili pubblici*. Dati al 31 dicembre 2018. Roma: MEF. <http://www.dt.mef.gov.it/modules/documenti_it/patrimonio_pubblico/patrimonio_pa/RapportoImmobili_DatiAnno2018.pdf> (2025-08-10).
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. 2018. *Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8. <<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2018/02/20/18A00716/sg>> (2025-08-10).
- Ministero dello Sviluppo Economico. 2020. *Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale (STREPIN)*. Novembre 2020. <https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf> (2025-08-10).
- Nomisma. 2023. "110% Monitor: l'analisi Nomisma sull'impatto economico del Superbonus 110%." 21 febbraio, 2023. <<https://www.nomisma.it/press-area/superbonus-nomisma-comunicato-stampa/>> (2025-08-10).
- Open Online. 2022. "Milano, Parigi e Praga nella morsa del caldo estremo: le isole di calore viste dallo Spazio." *Open Online*, 7 luglio 2022.
- Palumbo, E., e C. Gargari. 2011. "Progettare la durabilità: confronto tra soluzioni in laterizio e in legno." *Costruire in Laterizio* 143.
- Parlamento europeo. 2024. "Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 10 aprile 2024 sulla proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che fissa condizioni armonizzate

- per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, modifica il regolamento (UE) 2019/1020 e abroga il regolamento (UE) n. 305/2011 (COM(2022)0144 – C9-0129/2022 – 2022/0094(COD)). P9_TA(2024)0188.” <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0188_IT.html> (2025-08-10).
- PNRR. 2022. *Progettare, costruire e abitare la scuola* (Linee guida per l’edilizia scolastica – PNRR). <https://pnrr.istruzione.it/wp-content/uploads/2022/05/LineeGuida_ScuolaFutura-1.pdf> (2025-08-10).
- Prati, D., A. Massafra, L. Guardigli, e R. Gulli. 2023. “Supporto all’analisi costruttiva per gli edifici storici: applicazioni del reverse engineering al rilievo del patrimonio costruito. Construction analysis support for historical buildings: applications of reverse engineering to Cultural Heritage survey.” In *Transizione: sfide e opportunità per l’ambiente costruito*, a cura di F. Fatiguso, F. Fiorito M. De Fino, ed E. Cantatore, 427-442. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Presidenza della Repubblica. 1977. *D.P.R. 28 giugno 1977, n. 1052 – Regolamento di esecuzione della legge 30 aprile 1976, n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici*. Gazzetta Ufficiale Serie Generale, n. 36, suppl. ord. 6 febbraio 1978). <<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1978/02/06/077U1052/sg>> (2025-08-10).
- Presidenza della Repubblica. 2001. *D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 – Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*. Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2001, Supplemento Ordinario n. 239. <<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:presidente.repubblica:decreto:2001-06-06;380>> (2025-08-10).
- Ragioneria Generale dello Stato – Dipartimento del Ministero dell’Economia e delle Finanze. 2024. *Bilancio semplificato per il triennio 2024–2026*. <https://www.rgs.mef.gov.it/_Documenti/VERSIONE-I/Attivit--i/Bilancio_di_previsione/Bilancio_semplificato/2024-2026/LB_2024-2026.pdf> (2025-08-10).
- Realfonzo, A. 1994. *Teoria e metodo dell’estimo urbano*. Roma: La Nuova Italia Scientifica.
- Salamida, F. 2024. “Ecco come sono ridotte le case costruite da Berlusconi per i terremotati aquilani.” *Today.it*, 6 marzo, 2024. <<https://www.today.it/politica/degrado-case-di-berlusconi-terremoto-l-aquila-marco-marsilio-elezioni-abruzzo.html>> (2025-08-10).
- Salvadori, V. 2021. “Multi-Storey Timber-Based Buildings: An International Survey of Case Studies with Five or More Storeys Over the Last Twenty Years.” Ph.D. diss. Vienna University of Technology. <https://www.researchgate.net/publication/356458852_Multi-Storey_Timber-

- Based_Buildings_An_International_Survey_of_Case_Studies_with_Five_or_More_Storeys_Over_the_Last_Twenty_Years> (2025-08-10).
- Scarfetta, N. 2024. “I modelli previsionali sul clima sono imprecisi (e contraddittori).” In *La grande bugia verde*, a cura di N. Porro, 59-72. Macerata: Liberilibri.
- Summa, S., G. Remia, C. Di Perna, and F. Stazi. 2023. “Experimental and numerical study on a new thermal masonry block by comparison with traditional walls.” *Energy and Buildings* 292: 113125. <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113125>>
- Tagliagambe, S. 2024. “Prefazione” a R. Gulli, *Del costruire. Epistemologia dell'architettura*, 7-29. Macerata: Quodlibet.
- Ubertini, S., I. Baffo, M. Barbanera, e A. Cardarelli. 2021. *Indici di valutazione economica e ambientale di soluzioni per l'isolamento di facciata in off-site construction* (Report RdS/PTR2021/167). Roma: ENEA.
- Unione Europea. 2002. *Direttiva (UE) 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia* prima versione della EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee, L 1, 4 gennaio 2003, 65-71. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091>> (2025-08-10).
- Unione Europea. 2009. *Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili e che modifica e successivamente abroga le direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 140, 5.6.2009, 16-62. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:32009L0028>> (2025-08-10).
- Unione Europea. 2021. “Proposta di Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica degli edifici (recast) (COM(2021) 802 final; procedura 2021/0426(COD)) del 15 dicembre”. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802>> (2025-08-10).
- Unione Europea. 2024. *Direttiva (UE) 2024/1275 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 24 aprile 2024, sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)*, nuova EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 2024/1275, 8 maggio 2024, 1-84. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32024L1275>> (2025-08-10).
- United Nations Environment Programme – International Resource Panel. 2020. *Resource efficiency and climate change: Material efficiency*

- strategies for a low-carbon future*. Nairobi: UNEP. <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34351>> (2025-08-10).
- United Nations Environment Programme. 2019. *Emissions Gap Report 2019*. 26 november, 2019. <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/30797>> (2025-08-10).
- United Nations Environment Programme. 2022. *The Closing Window: Climate crisis calls for rapid transformation of societies – Emissions Gap Report 2022*. Nairobi: UNEP. <<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022>> (2025-08-10).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2018. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision – Country Profiles*. <<https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Report.pdf>> (2025-08-10).
- Zerboni, M. 2023a. “Germania, una circolarità che stenta a partire.” *Giornale dell’Architettura*, 20 marzo, 2023.
- Zerboni, M. 2023b. “Svizzera, un paese di demolitori (alla faccia dell’architettura circolare).” *Il Giornale dell’Architettura*, 4 aprile, 2023.

Indice dei nomi

- Agenzia Europea dell'Ambiente 19
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile 21, 35, 38-39, 125
Anthropogenic Global Warming 23
Associazione Nazionale tra le imprese assicuratrici 85
Attestato di Prestazione Energetica 21, 86, 125
Autorità di regolazione per Energia Reti e Ambiente 39
Benessere Equo e Sostenibile 14, 84
Building Information Modeling 134
Building Performance Simulation 138, 165
Centro Nazionale delle Ricerche 51, 92-93
Clean Energy Package 86
Coefficient of performance 41, 125
Consiglio Nazionale degli Ingegneri 152
Construction Products Regulation 16, 146
Criteri Ambientali Minimi 150
Dichiarazione Ambientale di Prodotto 10, 144-147
Digital Decision Support Systems 138
Digital Twin 138
Effort Sharing Regulation 30
Energy Performance of Buildings Directive 7-9, 11, 19-20, 67, 69-70, 73, 80-82, 104, 130-131, 136, 154, 156
Energy Service Company 132
European Technical Approval Guideline 119-120
Excess Material Exchange 148
External Thermal Insulation Composite System 119
Full Electric Building 38

- Geographic Information Systems 156
- Gestore dei Mercati Energetici 132-133
- Gestore dei Servizi Energetici 132-133
- Global Climate Models 27-28
- Indice di prestazione energetica globale 22
- Intergovernmental Panel on Climate Change 20, 23, 27-28
- International Energy Agency 29, 87-88
- Istituto di Sviluppo dell'Edilizia Sociale 142
- Istituto Nazionale delle Assicurazioni 51
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 126
- Life Cost Assesment 106-107, 157
- Life Cycle Assesment 16, 101, 103-104, 106-108, 129, 139, 145-146, 155, 157
- Ministero Economia e Finanza 37, 137
- Nearly Zero Energy Building 86
- Norme Tecniche per le Costruzioni 48, 129, 147
- Osservatorio Immobiliare Italiano 55
- Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza 16, 140-141, 143-144, 149
- Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 9, 33-34, 36, 40, 80
- Potenziale di Riscaldamento Globale 16, 104, 106
- Reference Service Life 144-145
- Reference Study Period 10, 103, 130, 157
- Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica 21-22, 153
- Strategia per la Riqualificazione Energetica del Patrimonio Immobiliare Nazionale 34-35, 38, 40, 42, 58, 71, 78, 90, 92
- Titoli di Efficienza Energetica 132
- Tonnellata Petrolio Equivalente 132-133
- Valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato 48, 156
- Ventilazione Meccanica Controllata 40

STUDI E SAGGI

TITOLI PUBBLICATI

ARCHITETTURA, STORIA DELL'ARTE E ARCHEOLOGIA

- Acciai Serena, *Sedad Hakki Eldem. An aristocratic architect and more*
- Bartoli Maria Teresa, Lusoli Monica (a cura di), *Le teorie, le tecniche, i repertori figurativi nella prospettiva d'architettura tra il '400 e il '700. Dall'acquisizione alla lettura del dato*
- Bartoli Maria Teresa, Lusoli Monica (a cura di), *Diminuzioni e accrescimenti. Le misure dei maestri di prospettiva*
- Benelli Elisabetta, *Archetipi e citazioni nel fashion design*
- Benzi Sara, Bertuzzi Luca, *Il Palagio di Parte Guelfa a Firenze. Documenti, immagini e percorsi multimediali*
- Betti Marco, Brovadan Carlotta Paola (a cura di), *Donum. Studi di storia della pittura, della scultura e del collezionismo a Firenze dal Cinquecento al Settecento*
- Biagini Carlo (a cura di), *L'Ospedale degli Infermi di Faenza. Studi per una lettura tipo-morfologica dell'edilizia ospedaliera storica*
- Bologna Alberto, Pier Luigi Nervi negli Stati Uniti. 1952-1979. *Master Builder of the Modern Age*
- Eccheli Maria Grazia, Cavallo Claudia (a cura di), *Il progetto nei borghi abbandonati*
- Eccheli Maria Grazia, Pireddu Alberto (a cura di), *Oltre l'Apocalisse. Arte, Architettura, Abbandono*
- Fischer von Erlach Johann Bernhard, *Progetto di un'architettura storica. Entwurff einer Historischen Architectur*, a cura di Rakowitz Gundula
- Frati Marco, *"De bonis lapidibus concis": la costruzione di Firenze ai tempi di Arnolfo di Cambio. Strumenti, tecniche e maestranze nei cantieri fra XIII e XIV secolo*
- Gregotti Vittorio, *Una lezione di architettura. Rappresentazione, globalizzazione, interdisciplinarietà*
- Gulli Riccardo, *Figure. Ars e ratio nel progetto di architettura*
- Gulli Riccardo, *Tempo e materia. Per un'etica del costruire*
- Lauria Antonio, Benesperi Beatrice, Costa Paolo, Valli Fabio, *Designing Autonomy at home. The ADA Project. An Interdisciplinary Strategy for Adaptation of the Homes of Disabled Persons*
- Lauria Antonio, Flora Valbona, Guza Kamela, *Five Albanian Villages. Guidelines for a Sustainable Tourism Development through the Enhancement of the Cultural Heritage*
- Lisini Caterina, *Lezione di sguardi. Edoardo Detti fotografo*
- Maggiora Giuliano, *Sulla retorica dell'architettura*
- Mantese Eleonora (a cura di), *House and Site. Rudofsky, Lewerentz, Zanuso, Sert, Rainer*
- Mazza Barbara, *Le Corbusier e la fotografia. La vérité blanche*
- Mazzoni Stefania (a cura di), *Studi di Archeologia del Vicino Oriente. Scritti degli allievi fiorentini per Paolo Emilio Pecorella*
- Méndez Baiges Maite, *Les Demoiselles d'Avignon and Modernism*

- Messina Maria Grazia, *Paul Gauguin. Un esotismo controverso*
 Paolucci Fabrizio (a cura di), *Epigrafi tra erudizione antiquaria e scienza storica. Ad honorem Detlef Heikamp*
 Pireddu Alberto, *In limine. Between Earth and Architecture*
 Pireddu Alberto, *In abstracto. Sull'architettura di Giuseppe Terragni*
 Pireddu Alberto, *The Solitude of Places. Journeys and Architecture on the Edges*
 Rakowitz Gundula, *Tradizione, traduzione, tradimento in Johann Bernhard Fischer von Erlach*
 Tonelli Maria Cristina, *Industrial design: latitudine e longitudine. Una prima lezione*
 Tonelli Maria Cristina (a cura di), *Giovanni Klaus Koenig. Un fiorentino nel dibattito nazionale su architettura e design (1924-1989)*

CULTURAL STUDIES

- Candotti Maria Piera, *Interprétations du discours métalinguistique. La fortune du sutra A 1 1 68 chez Patañjali et Bhartrhari*
 Castorina Miriam, *In the garden of the world. Italy to a young 19th century Chinese traveler*
 Castorina Miriam, Cucinelli Diego (edited by), *Food issues 雲路. Interdisciplinary Studies on Food in Modern and Contemporary East Asia*
 Cucinelli Diego, Scibetta Andrea (edited by), *Tracing Pathways 雲路. Interdisciplinary Studies on Modern and Contemporary East Asia*
 Graziani Michela, Casetti Lapo, Vuelta García Salomé (a cura di), *Nel segno di Magellano tra terra e cielo. Il viaggio nelle arti umanistiche e scientifiche di lingua portoghese e di altre culture europee in un'ottica interculturale*
 Nesti Arnaldo, *Qual è la religione degli italiani?. Religioni civili, mondo cattolico, ateismo devoto, fede, laicità*
 Nesti Arnaldo, *Per una mappa delle religioni mondiali*
 Pedone Valentina, *A Journey to the West. Observations on the Chinese Migration to Italy*
 Pedone Valentina, Sagiyama Ikuko (edited by), *Transcending Borders. Selected papers in East Asian studies*
 Pedone Valentina, Castorina Miriam (edited by), *Words and visions around/about Chinese transnational mobilities 流动*
 Rigopoulos Antonio, *The Mahanubhavs*
 Sagiyama Ikuko, Castorina Miriam (edited by), *Trajectories. selected papers in East Asian studies 軌跡*
 Sagiyama Ikuko, Pedone Valentina (edited by), *Perspectives on East Asia*
 Squarcini Federico (edited by), *Boundaries, Dynamics and Construction of Traditions in South Asia*
 Vanoli Alessandro, *Il mondo musulmano e i volti della guerra. Conflitti, politica e comunicazione nella storia dell'islam*
 Vinci Renata (edited by), *Navigating the Mediterranean Through the Chinese Lens. Transcultural Narratives of the Sea Among Lands*

DIRITTO

- Allegretti Umberto (a cura di), *Democrazia partecipativa. Esperienze e prospettive in Italia e in Europa*

- Campus Mauro, Dorigo Stefano, Federico Veronica, Lazzerini Nicole (a cura di), *Pago, dunque sono (cittadino europeo). Il futuro dell'UE tra responsabilità fiscale, solidarietà e nuova cittadinanza europea*
- Chiaromonte William, Vallauri Maria Luisa (a cura di), *Trasformazioni, valori e regole del lavoro. Scritti per Riccardo Del Punta*, vol. III, 2024
- Cingari Francesco (a cura di), *Corruzione: strategie di contrasto. (legge 190/2012)*
- Curreri Salvatore, *Democrazia e rappresentanza politica. Dal divieto di mandato al mandato di partito*
- Curreri Salvatore, *Partiti e gruppi parlamentari nell'ordinamento spagnolo*
- Del Punta Riccardo, *Trasformazioni, valori e regole del lavoro. Scritti scelti sul Diritto del lavoro*, vol. 1, a cura di William Chiaromonte e Maria Luisa Vallauri
- Del Punta Riccardo, *Trasformazioni, valori e regole del lavoro. Scritti scelti di diritto del lavoro*, vol. 2, a cura di William Chiaromonte e Maria Luisa Vallauri
- Federico Veronica, Fusaro Carlo (edited by), *Constitutionalism and democratic transitions. Lessons from South Africa*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Cavallo Perin Roberto, Police Aristide, Saitta Fabio (a cura di), *A 150 anni dell'unificazione amministrativa italiana. Vol. I. L'organizzazione delle pubbliche amministrazioni tra Stato nazionale e integrazione europea*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, De Giorgi Cezzi Gabriella, Portaluri Pier Luigi (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. II. La coesione politico-territoriale*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Marchetti Barbara, Renna Mauro (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. III. La giuridificazione*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Civitarese Matteucci Stefano, Torchia Luisa (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. IV. La tecnificazione*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Cafagno Maurizio, Manganaro Francesco (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. V. L'intervento pubblico nell'economia*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Chiti Edoardo, Gardini Gianluca, Sandulli Aldo (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. VI. Unità e pluralismo culturale*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Comporti Gian Domenico (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. VII. La giustizia amministrativa come servizio (tra effettività ed efficienza)*
- Ferrara Leonardo, Sorace Domenico, Bartolini Antonio, Pioggia Alessandra (a cura di), *A 150 anni dall'unificazione amministrativa italiana. Vol. VIII. Cittadinanze amministrative*
- Fiorita Nicola, *L'Islam spiegato ai miei studenti. Otto lezioni su Islam e diritto*
- Fiorita Nicola, *L'Islam spiegato ai miei studenti. Undici lezioni sul diritto islamico. II edizione riveduta e ampliata*
- Fossum John Erik, Menendez Agustin José, *La peculiare costituzione dell'Unione Europea*
- Gregorio Massimiliano, *Le dottrine costituzionali del partito politico. L'Italia liberale*

- Lucarelli Paola (a cura di), *Giustizia sostenibile. Sfide organizzative e tecnologiche per una nuova professionalità*
- Palazzo Francesco, Bartoli Roberto (a cura di), *La mediazione penale nel diritto italiano e internazionale*
- Ragno Francesca, *Il rispetto del principio di pari opportunità. L'annullamento della composizione delle giunte regionali e degli enti locali*
- Sorace Domenico (a cura di), *Discipline processuali differenziate nei diritti amministrativi europei*
- Trocker Nicolò, De Luca Alessandra (a cura di), *La mediazione civile alla luce della direttiva 2008/52/CE*
- Urso Elena (a cura di), *Le ragioni degli altri. Mediazione e famiglia tra conflitto e dialogo: una prospettiva comparatistica ed interdisciplinare*
- Urso Elena, *La mediazione familiare. Modelli, principi, obiettivi*

ECONOMIA

- Ammannati Francesco, *Per filo e per segno. L'arte della lana a Firenze nel Cinquecento*
- Bardazzi Rossella (edited by), *Economic multisectoral modelling between past and future. A tribute to Maurizio Grassini and a selection of his writings*
- Bardazzi Rossella, Ghezzi Leonardo (edited by), *Macroeconomic modelling for policy analysis*
- Barucci Piero, Bini Piero, Conigliello Lucilla (a cura di), *Economia e Diritto in Italia durante il Fascismo. Approfondimenti, biografie, nuovi percorsi di ricerca*
- Barucci Piero, Bini Piero, Conigliello Lucilla (a cura di), *Il Corporativismo nell'Italia di Mussolini. Dal declino delle istituzioni liberali alla Costituzione repubblicana*
- Barucci Piero, Bini Piero, Conigliello Lucilla (a cura di), *Intellettuali e uomini di regime nell'Italia fascista*
- Barucci Piero, Bini Piero, Conigliello Lucilla (a cura di), *I mille volti del regime. Opposizione e consenso nella cultura giuridica, economica e politica italiana tra le due guerre*
- Barucci Piero, Bini Piero, Conigliello Lucilla (a cura di), *Le sirene del corporativismo e l'isolamento dei dissidenti durante il fascismo*
- Bellanca Nicolò, Pardi Luca, *O la capra o i cavoli. La biosfera, l'economia e il futuro da inventare*
- Bellanca Nicolò, *La forza delle comunità locali. Giacomo Becattini e la teoria della cultura sociale*
- Cecchi Amos, *Paul M. Sweezy. Monopolio e finanza nella crisi del capitalismo*
- Ciampi Francesco, *Come la consulenza direzionale crea conoscenza. Prospettive di convergenza tra scienza e consulenza*
- Ciampi Francesco, *Knowing Through Consulting in Action. Meta-consulting Knowledge Creation Pathways*
- Ciappei Cristiano (a cura di), *La valorizzazione economica delle tipicità rurali tra localismo e globalizzazione*
- Ciappei Cristiano, Sani Azzurra, *Strategie di internazionalizzazione e grande distribuzione nel settore dell'abbigliamento. Focus sulla realtà fiorentina*
- Ciappei Cristiano, Citti Paolo, Bacci Niccolò, Campatelli Gianni, *La metodologia Sei Sigma nei servizi. Un'applicazione ai modelli di gestione finanziaria*

- Ciappei Cristiano, Mininni Giacomo, *A Religious Foundation for Global Business Ethics. CSR and Religious Ethics in an Age of Globalization*
- Garofalo Giuseppe (a cura di), *Capitalismo distrettuale, localismi d'impresa, globalizzazione*
- Laureti Tiziana, *L'efficienza rispetto alla frontiera delle possibilità produttive. Modelli teorici ed analisi empiriche*
- Lazzeretti Luciana, Cinti Tommaso, *La valorizzazione economica del patrimonio artistico delle città d'arte. Il restauro artistico a Firenze*
- Lazzeretti Luciana, *Nascita ed evoluzione del distretto orafa di Arezzo, 1947-2001. Primo studio in una prospettiva ecology based*
- Lazzeretti Luciana (edited by), *Art Cities, Cultural Districts and Museums. An economic and managerial study of the culture sector in Florence*
- Lazzeretti Luciana (a cura di), *I sistemi museali in Toscana. Primi risultati di una ricerca sul campo*
- Mastronardi Luigi, Romagnoli Luca (a cura di), *Metodologie, percorsi operativi e strumenti per lo sviluppo delle cooperative di comunità nelle aree interne italiane*
- Meade Douglas S. (edited by), *In Quest of the Craft. Economic Modeling for the 21st Century*
- Perrotta Cosimo, *Il capitalismo è ancora progressivo?*
- Simoni Christian, *Approccio strategico alla produzione. Oltre la produzione snella*
- Simoni Christian, *Mastering the dynamics of apparel innovation*
- Stefani Gianluca, Cecchetti Maria Chiara, Bucelli Andrea, Martellozzo Federico, Paziienza Maria Grazia, Vecchio Bruno, *La proprietà fondiaria nelle aree interne. Un'indagine sulla Montagna Fiorentina e la Val Bisenzio*

FILOSOFIA

- Baldi Massimo, Desideri Fabrizio (a cura di), *Paul Celan. La poesia come frontiera filosofica*
- Barale Alice, *La malinconia dell'immagine. Rappresentazione e significato in Walter Benjamin e Aby Warburg*
- Berni Stefano, Fadini Ubaldo, *Linee di fuga. Nietzsche, Foucault, Deleuze*
- Borsari Andrea, *Schopenhauer educatore? Storia e crisi di un'idea tra filosofia morale, estetica e antropologia*
- Brunkhorst Hauke, *Habermas*
- Cambi Franco, Mari Giovanni (a cura di), *Giulio Preti. Intellettuale critico e filosofo attuale*
- Cambi Franco, *Pensiero e tempo. Ricerche sullo storicismo critico: figure, modelli, attualità*
- Casalini Brunella, Cini Lorenzo, *Giustizia, uguaglianza e differenza. Una guida alla lettura della filosofia politica contemporanea*
- Desideri Fabrizio, Matteucci Giovanni (a cura di), *Dall'oggetto estetico all'oggetto artistico*
- Desideri Fabrizio, Matteucci Giovanni (a cura di), *Estetiche della percezione*
- Di Stasio Margherita, *Alvin Plantinga: conoscenza religiosa e naturalizzazione epistemologica*
- Giovagnoli Raffaella, *Autonomy: a Matter of Content*

Honneth Axel, *Capitalismo e riconoscimento*, a cura di Solinas Marco
Michellini Luca, *Il nazional-fascismo economico del giovane Franco Modigliani*
Mindus Patricia, *Cittadini e no. Forme e funzioni dell'inclusione e dell'esclusione*
Perni Romina, *Pubblicità, educazione e diritto in Kant*
Sandrini Maria Grazia, *La filosofia di R. Carnap tra empirismo e trascendentalismo*.
In appendice: R. Carnap Sugli enunciati protocollari Traduzione e commento di
E. Palombi
Solinas Marco, *Psiche: Platone e Freud. Desiderio, sogno, mania, eros*
Trentin Bruno, *La città del lavoro. Sinistra e crisi del fordismo*, a cura di Ariemma
Iginio
Valle Gianluca, *La vita individuale. L'estetica sociologica di Georg Simmel*

FISICA

Arecchi Fortunato Tito, *Cognizione e realtà*
Pelosi Giuseppe, Selleri Stefano, *The Roots of Maxwell's A Dynamical Theory of the
Electromagnetic Field. Scotland and Tuscany, 'twinned by science'*

LETTERATURA, FILOLOGIA E LINGUISTICA

Antonucci Fausta, Vuelta García Salomé (a cura di), *Ricerche sul teatro classico
spagnolo in Italia e oltralpe (secoli XVI-XVIII)*
Bastianini Guido, Lapini Walter, Tulli Mauro (a cura di), *Harmonia. Scritti di
filologia classica in onore di Angelo Casanova*
Battistin Sebastiani Breno, Ferreira Leão Delfim (edited by), *Crises (Staseis) and
Changes (Metabolai). Athenian Democracy in the Making*
Berté Monica (a cura di), *Intorno a Boccaccio/Boccaccio e dintorni 2021. Atti del
Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio,
9-10 settembre 2021)*
Bilenchi Romano, *The Conservatory of Santa Teresa*, edited by Klopp Charles,
Nelson Melinda
Bresciani Califano Mimma (Vincenza), *Piccole zone di simmetria. Scrittori del
Novecento*
Caracchini Cristina, Minardi Enrico (a cura di), *Il pensiero della poesia. Da Leo-
pardi ai contemporanei. Letture dal mondo di poeti italiani*
Cauchi Santoro Roberta, *Beyond the Suffering of Being: Desire in Giacomo Leopardi
and Samuel Beckett*
Colucci Dalila, *L'Eleganza è frigida e L'Empire des signes. Un sogno fatto in Giap-
pone*
Dei Luigi (a cura di), *Voci dal mondo per Primo Levi. In memoria, per la memoria*
Fanucchi Sonia, Virga Anita (edited by), *A South African Convivio with Dante*.
Born Frees' Interpretations of the Commedia
Ferrara Enrica Maria, *Il realismo teatrale nella narrativa del Novecento: Vittorini,
Pasolini, Calvino*
Ferrone Siro, *Visioni critiche. Recensioni teatrali da «l'Unità-Toscana» (1975-
1983)*, a cura di Megale Teresa, Simoncini Francesca
Francese Joseph, *Vincenzo Consolo: gli anni de «l'Unità» (1992-2012), ovvero la
poetica della colpa-espiazione*
Francese Joseph, *Leonardo Sciascia e la funzione sociale degli intellettuali*

- Franchini Silvia, *Diventare grandi con il «Pioniere» (1950-1962). Politica, progetti di vita e identità di genere nella piccola posta di un giornalino di sinistra*
- Francovich Onesti Nicoletta, *I nomi degli Ostrogoti*
- Frau Ombretta, Gragnani Cristina, *Sottoboschi letterari. Sei "case studies" fra Otto e Novecento. Mara Antelling, Emma Boghen Conigliani, Evelyn, Anna Franchi, Jolanda, Flavia Steno*
- Frosini Giovanna, Zamponi Stefano (a cura di), *Intorno a Boccaccio/Boccaccio e dintorni. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 25 giugno 2014)*
- Frosini Giovanna (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2020. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 10-11 settembre 2020)*
- Frosini Giovanna (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2019. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 12-13 settembre 2019)*
- Galigani Giuseppe, *Salomè, mostruosa fanciulla*
- Gigli Daria, Magnelli Enrico (a cura di), *Studi di poesia greca tardoantica. Atti della Giornata di Studi Univerisità degli Studi di Firenze, 4 ottobre 2012*
- Giuliani Luigi, Pineda Victoria (edited by), *La edición del diálogo teatral (siglos XVI-XVII)*
- Giuliani Luigi, Pineda Victoria (edited by), *Estemática: el Siglo de Oro por las ramas. Actas del XVII Taller Internacional de Estudios Textuales*
- Gori Barbara, *La grammatica dei clitici portoghesi. Aspetti sincronici e diacronici*
- Gorman Michael, *I nostri valori, rivisti. La biblioteconomia in un mondo in trasformazione*, a cura di Guerrini Mauro
- Graziani Michela (a cura di), *Un incontro lusofono plurale di lingue, letterature, storie, culture*
- Graziani Michela, *Il Settecento portoghese e lusofono*
- Graziani Michela, Abbati Orietta, Gori Barbara (a cura di), *La spugna è la mia anima. Omaggio a Piero Ceccucci*
- Guerrini Mauro, Mari Giovanni (a cura di), *Via verde e via d'oro. Le politiche open access dell'Università di Firenze*
- Guerrini Mauro, *De bibliothecariis. Persone, idee, linguaggi*, a cura di Stagi Tiziana
- Keidan Artemij, Alfieri Luca (a cura di), *Deissi, riferimento, metafora. Questioni classiche di linguistica e filosofia del linguaggio*
- López Castro Cruz Hilda, *America Latina aportes lexicos al italiano contemporaneo*
- Mario Anna, *Italo Calvino. Quale autore laggiù attende la fine?*
- Masciandaro Franco, *The Stranger as Friend: The Poetics of Friendship in Homer, Dante, and Boccaccio*
- Nosilia Viviana, Prandoni Marco (a cura di), *Trame controluce. Il patriarca 'protestante' Cirillo Loukaris / Backlighting Plots. The 'Protestant' Patriarch Cyril Loukaris*
- Pagliaro Annamaria, Zuccala Brian (edited by), *Luigi Capuana: Experimental Fiction and Cultural Mediation in Post-Risorgimento Italy*
- Pestelli Corrado, *Carlo Antici e l'ideologia della Restaurazione in Italia*
- Rosengarten Frank, *Through Partisan Eyes. My Friendships, Literary Education, and Political Encounters in Italy (1956-2013). With Sidelights on My Experiences in the United States, France, and the Soviet Union*

- Ross Silvia, Honess Claire (edited by), *Identity and Conflict in Tuscany*
- Totaro Luigi, *Ragioni d'amore. Le donne nel Decameron*
- Turbanti Simona, *Bibliometria e scienze del libro: internazionalizzazione e vitalità degli studi italiani*
- Vicente Filipa Lowndes, *Altri orientismi. L'India a Firenze 1860-1900*
- Virga Anita, *Subalternità siciliana nella scrittura di Luigi Capuana e Giovanni Verga*
- Zamponi Stefano (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2015. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 9 settembre 2015)*
- Zamponi Stefano (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2018. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 6-7 settembre 2018)*
- Zamponi Stefano (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2016. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 9 settembre 2016)*
- Zamponi Stefano (a cura di), *Intorno a Boccaccio / Boccaccio e dintorni 2017. Atti del Seminario internazionale di studi (Certaldo Alta, Casa di Giovanni Boccaccio, 16 settembre 2017)*

MATEMATICA

- De Bartolomeis Paolo, *Matematica. Passione e conoscenza. Scritti (1975-2016)*, a cura di Battaglia Fiammetta, Nannicini Antonella, Tomassini Adriano

MEDICINA

- Mannaioni Pierfrancesco, Mannaioni Guido, Masini Emanuela, *Club drugs. Cosa sono e cosa fanno*
- Saint Sanjay, Krein Sarah, Stock Robert W., *La prevenzione delle infezioni correlate all'assistenza. Problemi reali, soluzioni pratiche*, a cura di Bartoloni Alessandro, Gensini Gian Franco, Moro Maria Luisa, Rossolini Gian Maria
- Saint Sanjay, Chopra Vineet, *Le 30 regole per la leadership in sanità*, a cura di Bartoloni Alessandro, Boddi Maria, Damone Rocco Donato, Giusti Betti, Mechi Maria Teresa, Rossolini Gian Maria

PEDAGOGIA

- Bandini Gianfranco, Oliviero Stefano (a cura di), *Public History of Education: riflessioni, testimonianze, esperienze*
- Mariani Alessandro (a cura di), *L'orientamento e la formazione degli insegnanti del futuro*
- Nardi Andrea, *Il lettore 'distratto'. Leggere e comprendere nell'epoca degli schermi digitali*
- Ranieri Maria, Luzzi Damiana, Cuomo Stefano (a cura di), *Il video a 360° nella didattica universitaria. Modelli ed esperienze*

POLITICA

- Attinà Fulvio, Bozzo Luciano, Cesa Marco, Lucarelli Sonia (a cura di), *Eirene e Atena. Studi di politica internazionale in onore di Umberto Gori*
- Bulli Giorgia, Tonini Alberto (a cura di), *Migrazioni in Italia: oltre la sfida. Per un approccio interdisciplinare allo studio delle migrazioni*

- Caruso Sergio, *“Homo oeconomicus”. Paradigma, critiche, revisioni*
- Cipriani Alberto, Gramolati Alessio, Mari Giovanni (a cura di), *Il lavoro 4.0. La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*
- Cipriani Alberto (a cura di), *Partecipazione creativa dei lavoratori nella ‘fabbrica intelligente’. Atti del Seminario di Roma, 13 ottobre 2017*
- Cipriani Alberto, Ponzellini Anna Maria (a cura di), *Colletti bianchi. Una ricerca nell’industria e la discussione dei suoi risultati*
- Corsi Cecilia (a cura di), *Felicità e benessere. Una ricognizione critica*
- Corsi Cecilia, Magnier Annick (a cura di), *L’Università allo specchio. Questioni e prospettive*
- Cruciani Sante, Del Rossi Maria Paola (a cura di), *Diritti, Europa, Federalismo. Bruno Trentin in prospettiva transnazionale (1988-2007)*
- De Boni Claudio, *Descrivere il futuro. Scienza e utopia in Francia nell’età del positivismo*
- De Boni Claudio (a cura di), *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. 1. L’Ottocento*
- De Boni Claudio, *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. Il Novecento. Parte prima: Da inizio secolo alla seconda guerra mondiale*
- De Boni Claudio (a cura di), *Lo stato sociale nel pensiero politico contemporaneo. II Novecento. Parte seconda: dal dopoguerra a oggi*
- Del Punta Riccardo (a cura di), *Valori e tecniche nel diritto del lavoro*
- Gramolati Alessio, Mari Giovanni (a cura di), *Bruno Trentin. Lavoro, libertà, conoscenza*
- Gramolati Alessio, Mari Giovanni (a cura di), *Il lavoro dopo il Novecento: da produttori ad attori sociali. La città del lavoro di Bruno Trentin per un’«altra sinistra»*
- Grassi Stefano, Morisi Massimo (a cura di), *La cittadinanza tra giustizia e democrazia. Atti della giornata di Studi in memoria di Sergio Caruso*
- Lombardi Mauro, *Transizione ecologica e universo fisico-cibernetico. Soggetti, strategie, lavoro*
- Lombardi Mauro, *Fabbrica 4.0: I processi innovativi nel Multiverso fisico-digitale*
- Marasco Vincenzo, *Coworking. Senso ed esperienze di una forma di lavoro*
- Mari Giovanni, Ammannati Francesco, Brogi Stefano, Faitini Tiziana, Fermani Arianna, Seghezzi Francesco, Tonarelli Annalisa (a cura di), *Idee di lavoro e di ozio per la nostra civiltà*
- Molteni Tagliabue Giovanni, *Rationalized and Extended Democracy. Inserting Public Scientists into the Legislative/Executive Framework, Reinforcing Citizens’ Participation*
- Nacci Michela (a cura di), *Nazioni come individui. Il carattere nazionale fra passato e presente*
- Renda Francesco, Ricciuti Roberto, *Tra economia e politica: l’internazionalizzazione di Finmeccanica, Eni ed Enel*
- Spini Debora, Fontanella Margherita (a cura di), *Il sogno e la politica da Roosevelt a Obama. Il futuro dell’America nella comunicazione politica dei democrats*
- Spinoso Giovanni, Turrini Claudio, *Giorgio La Pira: i capitoli di una vita*
- Tonini Alberto, Simoni Marcella (a cura di), *Realtà e memoria di una disfatta. Il Medio Oriente dopo la guerra dei Sei Giorni*

Trentin Bruno, *La libertà viene prima. La libertà come posta in gioco nel conflitto sociale. Nuova edizione con pagine inedite dei Diari e altri scritti*, a cura di Cruciani Sante
Zolo Danilo, *Tramonto globale. La fame, il patibolo, la guerra*

PSICOLOGIA

Aprile Luigi (a cura di), *Psicologia dello sviluppo cognitivo-linguistico: tra teoria e intervento*
Luccio Riccardo, Salvadori Emilia, Bachmann Christina, *La verifica della significatività dell'ipotesi nulla in psicologia*

SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

Surico Giuseppe, *Lampedusa: dall'agricoltura, alla pesca, al turismo*

SCIENZE NATURALI

Bessi Franca Vittoria, Clauser Marina, *Le rose in fila. Rose selvatiche e coltivate: una storia che parte da lontano*
Friis Ib, Demissew Sebsebe, Weber Odile, van Breugel Paulo, *Plants and vegetation of NW Ethiopia. A new look at Rodolfo E.G. Pichi Sermolli's results from the 'Missione di Studio al Lago Tana', 1937*
Sánchez Marcelo, *Embrioni nel tempo profondo. Il registro paleontologico dell'evoluzione biologica*

SOCIOLOGIA

Alacevich Franca, *Promuovere il dialogo sociale. Le conseguenze dell'Europa sulla regolazione del lavoro*
Alacevich Franca, Bellini Andrea, Tonarelli Annalisa, *Una professione plurale. Il caso dell'avvocatura fiorentina*
Battistin Simone, Mascitelli Bruno, *Il voto italiano all'estero. Riflessioni, esperienze e risultati di un'indagine in Australia*
Becucci Stefano (a cura di), *Oltre gli stereotipi. La ricerca-azione di Renzo Rastrelli sull'immigrazione cinese in Italia*
Becucci Stefano, Garosi Eleonora, *Corpi globali. La prostituzione in Italia*
Bettin Lattes Gianfranco (a cura di), *Giovani Jeunes Jovenes. Rapporto di ricerca sulle nuove generazioni e la politica nell'Europa del sud*
Bettin Lattes Gianfranco (a cura di), *Per leggere la società*
Bettin Lattes Gianfranco, Turi Paolo (a cura di), *La sociologia di Luciano Cavalli*
Burrioni Luigi, Piselli Fortunata, Ramella Francesco, Trigilia Carlo (a cura di), *Città metropolitane e politiche urbane*
Catarsi Enzo (a cura di), *Autobiografie scolastiche e scelta universitaria*
Leonardi Laura (edited by), *Opening the european box. Towards a new Sociology of Europe*
Virginia Miller, *Child Sexual Abuse Inquiries and the Catholic Church: Reassessing the Evidence*
Virginia Miller, *Child Sexual Abuse Inquiries and the Catholic Church: Reassessing the Evidence. Second Edition, Revised and Expanded*
Nuvolati Giampaolo (a cura di), *Sviluppo urbano e politiche per la qualità della vita*

Nuvolati Giampaolo, *L'interpretazione dei luoghi. Flânerie come esperienza di vita*
Nuvolati Giampaolo, *Mobilità quotidiana e complessità urbana*
Ramella Francesco, Trigilia Carlo (a cura di), *Reti sociali e innovazione. I sistemi locali dell'informatica*
Rondinone Antonella, *Donne mancanti. Un'analisi geografica del disequilibrio di genere in India*

STATISTICA E DEMOGRAFIA

Salvini Maria Silvana, *Globalizzazione: e la popolazione?. Le relazioni fra demografia e mondo globalizzato*

STORIA E SOCIOLOGIA DELLA SCIENZA

Angotti Franco, Pelosi Giuseppe, Soldani Simonetta (a cura di), *Alle radici della moderna ingegneria. Competenze e opportunità nella Firenze dell'Ottocento*
Cabras Pier Luigi, Chiti Silvia, Lippi Donatella (a cura di), *Joseph Guillaume Desmaisons Dupallans. La Francia alla ricerca del modello e l'Italia dei manicomio nel 1840*
Califano Salvatore, Schettino Vincenzo, *La nascita della meccanica quantistica*
Cartocci Alice, *La matematica degli Egizi. I papiri matematici del Medio Regno*
Fontani Marco, Orna Mary Virginia, Costa Mariagrazia, *Chimica e chimici a Firenze. Dall'ultimo de' Medici al padre del Centro Europeo di Risonanze Magnetiche*
Guatelli Fulvio (a cura di), *Scienza e opinione pubblica. Una relazione da ridefinire*
Massai Veronica, *Angelo Gatti (1724-1798). Un medico toscano in terra di Francia*
Meurig Thomas John, *Michael Faraday. La storia romantica di un genio*
Schettino Vincenzo, *Scienza e arte. chimica, arti figurative e letteratura*

STUDI DI BIOETICA

Baldini Gianni, Soldano Monica (a cura di), *Tecnologie riproduttive e tutela della persona. Verso un comune diritto europeo per la bioetica*
Baldini Gianni, Soldano Monica (a cura di), *Nascere e morire: quando decido io? Italia ed Europa a confronto*
Baldini Gianni (a cura di), *Persona e famiglia nell'era del Biodiritto. Verso un diritto comune europeo per la bioetica*
Bucelli Andrea (a cura di), *Produrre uomini. Procreazione assistita: un'indagine multidisciplinare*
Costa Giovanni, *Scelte procreative e responsabilità. Genetica, giustizia, obblighi verso le generazioni future*
Galletti Matteo, Zullo Silvia (a cura di), *La vita prima della fine. Lo stato vegetativo tra etica, religione e diritto*
Galletti Matteo, *Decidere per chi non può. Approcci filosofici all'eutanasia non volontaria*

STUDI EUROPEI

Bosco Andrea, Guderzo Massimiliano (edited by), *A Monetary Hope for Europe. The Euro and the Struggle for the Creation of a New Global Currency*
Scalise Gemma, *Il mercato non basta. Attori, istituzioni e identità dell'Europa in tempo di crisi*

Tempo e materia. Per un'etica del costruire. La riflessione critica sviluppata nel libro è incentrata sulla messa in discussione di alcuni assiomi teorici inerenti alla tematica della riqualificazione del patrimonio residenziale e fondati sul principio dell'«energia al primo posto». Il *vulnus* di questo indirizzo, le cui più recenti vicende delle incentivazioni fiscali del Superbonus 110% sono state la più eloquente rappresentazione, è infatti quello di aver subordinato ogni valutazione dei costi-benefici degli interventi al solo requisito degli indicatori energetici, indipendentemente da una stima sulla *vita utile* degli edifici, che è invece il fattore primario da considerare per determinare la reale efficacia delle misure. In questo quadro grande rilevanza viene accreditata alla nuova dimensione epistemologica generata dall'impiego delle tecnologie digitali, *in primis* quella dell'Intelligenza Artificiale a supporto dell'attività di indagine conoscitiva sul patrimonio costruito.

Riccardo Gulli è professore ordinario di Architettura Tecnica all'Università di Bologna. L'attività scientifica conta oltre centocinquanta studi a carattere nazionale e internazionale negli ambiti della storia della costruzione, del recupero edilizio e delle tecnologie digitali applicate al patrimonio costruito. È direttore della rivista internazionale *TEMA, Technology, Engineering, Materials and Architecture* e della collana “Culture costruttive per il recupero sostenibile” (Edicom Edizioni).

Sommario: Introduzione – 1. Dati e modelli – 2. Efficienza – 3. Vetustà – 4. Densità abitativa – 5. L'energia *non* è al primo posto – 6. Riqualificare vs ricostruire – 7. La variabile tempo – 8. Involucro edilizio – 9. Per un'etica del costruire – Riferimenti bibliografici – Indice dei nomi.

ISSN 2704-6478 (print)
ISSN 2704-5919 (online)
ISBN 979-12-215-0746-1 (Print)
ISBN 979-12-215-0747-8 (PDF)
ISBN 979-12-215-0748-5 (ePUB)
ISBN 979-12-215-0749-2 (XML)
DOI 10.36253/979-12-215-0747-8

www.fupress.com