
Materiali per la transizione del costruito

Traiettorie di innovazione



Materiali per la transizione del costruito

Traiettorie di innovazione

Colophon

Questo volume e gli esiti di ricerca in esso pubblicati sono stati finanziati dall'Unione europea - NextGenerationEU attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) Missione 4 "Istruzione e ricerca" Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa" Investimento 1.5 - Ecosistema ECS_00000043 "iNEST - Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem" (CUP F43C22000200006) - Spoke 4.

Materiali per la transizione del costruito. Traiettorie di innovazione

a cura di
Elisa Zatta
Rosaria Revellini

ISBN (cartaceo)
979-12-5953-173-5
ISBN (digitale)
979-12-5953-244-2
DOI
10.57623/979-12-5953-244-2



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books www.anteferma.it/aob/

editore
Anteferma Edizioni
via Asolo 12, Conegliano, TV
edizioni@anteferma.it

progetto grafico
Giulia Ciliberto
Luca Coppola
Pietro Costa
Giacomo Dal Prà

copyright



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

iNEST

Spoke 4
Città, Architettura
e Design Sostenibile

Coordinatore

Lorenzo Fabian

Coordinamento
scientifico

Massimiliano Condotta (Iuav)
Lorenzo Fabian (Iuav)
Luciano Gamberini (UniPD)
Elena Marchigiani (UniTS)
Alberto Sdegno (UniUD)
Lorenzo Bellicini (CRESME)
Pierpaolo Campostrini (CORILA)

Disclaimer

L'apparato iconografico presente è volto a supportare la comprensione dei prodotti della ricerca illustrati nel volume. Tutte le fonti delle figure sono state opportunamente segnalate dalle curatrici e dagli autori.

GRUPPO DI LAVORO

Università Iuav di Venezia (Spoke leader)

Massimiliano Condotta (coordinatore task 2.1), Martino Dereani, Giuseppe Emmi, Alice Rampazzo, Rosaria Revellini, Valeria Tatano, Elisa Zatta.

Università degli Studi di Udine

Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo, Anna Frangipane, Giada Frappa, Margherita Pauletta, Claudia Pirina, Alberto Sdegno.

Università degli Studi di Trieste

Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Carlo Antonio Stival.

Indice

	Introduzione Massimiliano Condotta	p. 7
	Circolare e <i>low-carbon</i> : soluzioni progettuali e costruttive per il territorio del Nord-Est Elisa Zatta, Rosaria Revellini	p. 11
<hr/>		
CAPITOLO 1 Esperienze sul campo	Progettare con il compensato strutturale Lorena Alessio	p. 18
<hr/>		
CAPITOLO 2 Traiettorie di innovazione	Design di transizione: adattabilità, flessibilità, trasformazione Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Carlo Antonio Stival	p. 44
	Ripensare la dismissione. Riutilizzo dei materiali e pratiche innovative di intervento Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo, Anna Frangipane, Claudia Pirina, Alberto Sdegno	p. 60
	Calcestruzzo riciclato con elevate percentuali di aggregato riciclato: aspetti applicativi e casi studio Alice Rampazzo, Massimiliano Condotta	p. 78
	Malte innovative con fibre di origine naturale per il rinforzo delle strutture tramite TRC Margherita Pauletta, Giada Frappa	p. 92
	Componenti strutturali in legno per ridurre l'impronta ambientale delle costruzioni: analisi di applicazioni in LVL e multistrato Elisa Zatta, Martino Dereani	p. 104
	Architettura <i>rice-based</i> : dalla filiera risicola ai materiali e prodotti per l'edilizia Rosaria Revellini, Valeria Tatano	p. 120
	Materiali a cambiamento di fase: proprietà e applicazioni in edilizia Giuseppe Emmi	p. 134
<hr/>		
	Conclusioni Valeria Tatano	p. 148

Autore Massimiliano Condotta

Affiliazione Università Iuav di Venezia



Oggi, le sfide ambientali, climatiche e sociali impongono necessariamente l'avvio di un nuovo ciclo di innovazione volto ad accompagnare la transizione del Nord-Est verso un futuro più resiliente. Sono necessari approcci propositivi capaci di sostenere filiere orientate all'innovazione, favorendo il passaggio da uno stato di criticità attuale a un nuovo modello possibile, in cui le transizioni ambientale, ecologica ed energetica siano affrontate in modo creativo e non percepite come ostacoli da evitare o contenere.

Introduzione

È opinione diffusa che la ricerca universitaria, condotta in un contesto operativo che le garantisce indipendenza e la possibilità di testare molteplici e alternativi scenari, sia caratterizzata da una forte componente creativa e da una conseguente capacità di generare contenuti originali, ma non necessariamente da una propensione all'innovazione concreta. Tale percezione si fonda sull'idea che il lavoro accademico tenda a concentrarsi principalmente su tematiche di ampio respiro e affrontate con un approccio soprattutto teorico, trascurando le esigenze operative e specifiche del mondo imprenditoriale o del settore pubblico responsabile dell'attuazione delle politiche urbane. A questa lettura si aggiungono inoltre criticità oggettive, come la difficoltà di decodificare i contenuti dei documenti scientifici, spesso espressi in un linguaggio tecnico che ne ostacola la comprensione e l'applicazione pratica (Castaldo, 2024).

Si consolida in tal modo, nel mondo imprenditoriale e tra le strutture deputate alla governance del territorio, la convinzione che l'innovazione autentica possa emergere solo all'interno delle aziende stesse, siano esse private o pubbliche, anche delegando e commissionando approfondimenti specifici a centri di ricerca o professionisti esterni, in quanto solo esse possiedono una conoscenza diretta e quotidiana delle problematiche del settore, delle dinamiche di mercato e dei possibili e realizzabili processi di rinnovamento.

A onore del vero, questa interpretazione non è riservata indistintamente a tutti gli ambiti della ricerca scientifica e relativi settori produttivi. I campi dell'architettura e della progettazione urbana e territoriale sono più esposti a questi pregiudizi interpretativi, e di riflesso in essi si riscontra una maggiore diffidenza nei confronti della ricerca accademica.

Una possibile argomentazione a questo modo di intendere risiede nella natura intrinsecamente lenta dei processi innovativi in tali settori. La realizzazione di un edificio richiede anni, la sua durata nel tempo va oltre le consuete dinamiche di mercato. I processi di rinnovamento sono pertanto legati a cicli relativamente lunghi soprattutto se paragonati ad altri ambiti, e ancor più lenti sono i processi di trasformazione urbana e territoriale. Di conseguenza, anche quando gli esiti della ricerca accademica sono evidenti e con impatti concreti sul mondo reale, l'innovazione apportata risulta sfocata e meno immediata rispetto ad altri settori.

In tale contesto di diffidenza, gli esiti delle ricerche presentate nei prossimi capitoli, proprio per il loro carattere sperimentale, per il rinnovato approccio metodologico, potrebbero apparire distanti, ambiziosi, utopici e difficilmente concretizzabili. Non si configurano come soluzioni *plug and play*, ma si tratta piuttosto di indirizzi operativi, quadri di riferimento teorici, esperimenti applicativi, frutto di processi creativi che, per le argomentazioni precedentemente descritte, erroneamente, potrebbero essere ritenuti poco affini all'innovazione.

In realtà, questa interpretazione sarebbe fuorviante. Se la creatività artistica in effetti può essere considerata il prodotto di una mente solitaria, quando essa fa parte di un processo collettivo diviene portatrice di innovazione. L'innovazione, infatti, è per definizione un fenomeno sociale, una forma di creatività diffusa, espressione di una "mente collettiva" (Legrenzi, 2005). La creatività orientata all'innovazione si manifesta nella capacità di identificare un problema e di individuare soluzioni che permettano il passaggio da uno stato attuale a uno stato possibile, in cui il problema risulta risolto. Tale processo si configura come "innovazione".

Uno dei principali ostacoli a questo approccio, soprattutto negli ambiti della realizzazione industriale o artigianale di prodotti, sistemi, e materiali, è rappresentato dalla “fissità funzionale” e dall’incapacità di “ristrutturare il problema” (Legrenzi, 2005). Ecco che l’elevata specializzazione delle imprese e la specificità dei loro prodotti e modelli operativi – che per molti anni hanno costituito un vantaggio competitivo – possono paradossalmente diventare una barriera alla creatività e all’innovazione.

In questo scenario, le contaminazioni esterne, provenienti da contesti aperti alla sperimentazione come quello offerto da iNEST, possono contribuire a superare tali barriere. Il Sistema, che si configura come un ecosistema dell’innovazione, costituito da reti di università, enti pubblici di ricerca, istituzioni territoriali e soggetti privati, opera su aree di specializzazione tecnologica coerenti con le vocazioni industriali e scientifiche del territorio, promuovendo la collaborazione tra ricerca, produzione e istituzioni. La peculiarità di iNEST, rispetto ad altri ecosistemi, risiede nella sua estensione territoriale: essa comprende tre regioni ed è permeabile rispetto ai confini dei tradizionali poli tecnologici o distretti industriali. Questo approccio interdisciplinare e interterritoriale favorisce la creazione di una rete che coinvolge ricercatori provenienti da più contesti geografici, economici e disciplinari diversificati, attivando connessioni con il tessuto sociale locale: una forma di creatività diffusa. L’obiettivo è quello di produrre conoscenze capaci di promuovere un’innovazione radicale, superando i limiti degli approcci specialistici tradizionali. In tal senso, si parla di

“innovazione di contesto”, oltre che di contenuto, come elemento chiave della ricerca orientata all’innovazione (Castaldo, 2024).

Il Nord-Est italiano, con la sua storia, la sua stratificazione culturale e la sua ricchezza imprenditoriale, caratterizzata da una molteplicità di nicchie di specializzazione, oltretutto uniche a livello internazionale, ha da sempre rappresentato un contesto ottimale per l’innovazione. I distretti industriali del territorio, con la loro struttura “porosa”, hanno favorito la circolazione delle conoscenze e la formazione di culture tecnologiche condivise (Legrenzi, 2005). Le sue fragilità ambientali, così come le sue unicità territoriali, hanno inoltre stimolato processi creativi, nati dalla necessità di attivare trasformazioni coerenti con le specificità del territorio.

Oggi, le sfide ambientali, climatiche e sociali impongono necessariamente l’avvio di un nuovo ciclo di innovazione volto ad accompagnare la transizione del Nord-Est verso un futuro più resiliente. Sono necessari approcci propositivi capaci di sostenere filiere orientate all’innovazione, favorendo il passaggio da uno stato di criticità attuale a un nuovo modello possibile, in cui le transizioni ambientale, ecologica ed energetica siano affrontate in modo creativo e non percepite come ostacoli da evitare o contenere. Tornando ai contributi di ricerca presentati in questo volume, l’invito è ad approcciarsi a essi con questo spirito interpretativo, valorizzando e capitalizzando gli spunti in essi contenuti per trasformarli in strumenti a supporto di quella creatività diffusa e dell’innovazione di contesto oggi fondamentali per affrontare l’imprescindibile sfida ambientale che ci aspetta.



Riferimenti bibliografici

Castaldo, S. (2024) 'Alla ricerca dell'impatto', in *Economia & Management*, 4. <https://doi.org/10.1485/1120-5032-202404ita-1>
Legrenzi, P. (2005) *Creatività e innovazione*. Bologna: Il Mulino.

Capitolo 2



Affrontare un progetto a livello del dettaglio costruttivo è fondamentale per cercare soluzioni sostenibili i cui benefici si estendono poi all'intero edificio o a dinamiche di tipo urbano, in particolare con gli obiettivi di favorire la circolarità, la gestione efficiente delle risorse (sia materiali che energetiche) e contribuire a ridurre l'impronta ecologica della filiera.

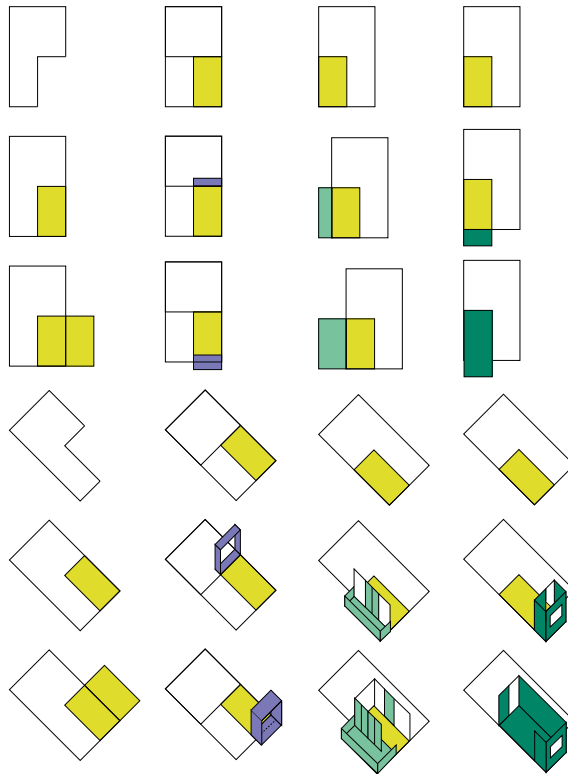
Traiettorie di innovazione

Autori

Thomas Bisiani
Gianfranco Guaragna
Paola Limoncin
Carlo Antonio Stival

Affiliazione

Università degli Studi
di Trieste



Flessibilità e trasformazioni spaziali

Concept della variazione di piccole porzioni di spazio per la creazione di sistemi residenziali: la stanza, la soglia, il balcone, la loggia.

P. Limoncin, 2024.

Design di transizione: adattabilità, flessibilità, trasformazione

Introduzione al design di transizione

L'involucro verticale, definito in origine come subsistema tecnologico deputato alla separazione degli spazi interni dall'esterno, rappresenta piuttosto un *medium* per filtrare e modulare l'ambiente esterno per approssicare condizioni efficaci di vivibilità degli ambienti interni. Rispetto alle funzioni di sicurezza strutturale e incolumità degli utenti, risulta incrementato il ruolo dell'involucro verticale nell'assicurare efficienza energetica, comfort e benessere percepito negli spazi indoor, nelle sue alternative declinazioni. Con riferimento alle prestazioni da raggiungere per disposizioni prescrittive, per esigenze dell'utenza e, nel caso di edifici esistenti, per incrementare l'efficienza – avvicinando dunque uno stato di fatto obsoleto a standard più moderni –, negli edifici esistenti le prestazioni di relazione tra ambiente interno ed esterno richiedono un incremento di efficienza anche nella dimensione temporale di durabilità di elementi tecnici e componenti edilizi. L'adozione di soluzioni dinamiche, capaci di adattarsi a condizioni ambientali e a esigenze dell'utenza variabili, permette la modulazione dei flussi energetici in transito, la produzione energetica stessa, il controllo dell'ombreggiamento, la gestione della ventilazione naturale e meccanica, la modulazione dell'illuminazione (Aelenei *et al.*, 2016; Taveres-Cachat *et al.*, 2017). Questi involucri possono dunque adeguare la propria configurazione in base alle condizioni di contorno, quali cicli diurni e stagionali, condizioni meteorologiche, esigenze degli utenti (Attia *et al.*, 2018). Nuove tipologie di soluzioni d'involucro a comportamento dinamico permettono efficientamenti significativi tanto negli edifici di nuova concezione quanto nell'esistente, anche mediante la produzione di energia rinnovabile, per una maggiore attrattività sul mercato (Perino e Serra, 2015). L'efficientamento reso possibile dalle facciate a comportamento dinamico offre infine un grado maggiore di comfort e di salute agli occupanti degli spazi interni (Struck *et al.*, 2015).

Un approccio progettuale improntato a adattabilità (DfA, *Design for Adaptability*), flessibilità (DF, *Design for Flexibility*), trasformazione (DFC, *Design for Change*) si esplicita in due principali ambiti di indagine. Il primo è caratterizzato dal criterio dell'innovatività, riguardante sia i nuovi materiali in senso letterale, sia tecnologie innovative, indipendentemente dal grado di *novelty* dei materiali impiegati; va evidenziato come in questo ambito rientrino anche le tecnologie digitali per applicazioni innovative con un maggior grado di "immaterialità". Il secondo ambito ha un carattere progettuale ed è orientato a un'indagine di processo, che attraverso casi di studio, esamina i modi attraverso i quali è possibile intervenire sul patrimonio esistente.

Entrambi gli ambiti sono declinabili secondo i tre principi oggetto di studio, cioè l'adattabilità, la flessibilità o la trasformazione degli edifici esistenti. Il valore di innovazione delle soluzioni costituisce il principale asse che orienta la ricerca, in relazione con elementi qualificanti identificati nella circolarità, l'efficienza energetica e la riduzione dell'impronta ecologica della filiera. Le diverse intersezioni consentono una analisi più sfaccettata dell'avanzamento tecnologico, penalizzando le soluzioni mono-obiettivo.

Materiali innovativi

Negli ultimi decenni, la progettazione di edifici a basso consumo energetico si è diramata in due direzioni principali: tecnologie di tipo attivo e strategie di progettazione di tipo passivo. La prima si pone come obiettivo il miglioramento del livello di sostenibilità delle costruzioni introducendo dispositivi tecnologici innovativi a maggiore efficienza energetica; la seconda si riferisce a forma e distribuzione di oggetti edilizi nell'acquisizione, immagazzinamento e distribuzione di energia da risorse più efficienti. I materiali innovativi con un carattere di sostenibilità costituiscono un ideale sottoinsieme degli *smart materials* del settore delle costruzioni. Tra le categorie di riferimento risultano particolarmente significativi i "materiali a proprietà mutevoli" e i "materiali a scambio energetico" (Juaristi *et al.*, 2018; Polverino, 2023).

Nel primo gruppo si collocano le schermature solari intelligenti che non prevedono l'impiego di parti meccaniche per la regolazione e il movimento e i materiali dinamici ad alto calore latente. Questi materiali rispondono all'esigenza di controllo dei carichi termici mediante l'adozione di diverse tecnologie di isolamento, come per esempio i sistemi di facciata integranti sistemi capaci di modulare la convezione del calore tramite l'aria o fluidi termovettori che scorrono su tubazioni innervate nello strato isolante o in cavità (Jin *et al.*, 2017; Pflug *et al.*, 2017).

I dispositivi di carattere cinematico, come alcuni tipi di materiali metallici e plastici, hanno la capacità di modificare in maniera reversibile la loro forma fisica quando sono sottoposti a una variazione di temperatura, grazie alla struttura anisotropa del materiale o alla struttura molecolare, la quale reagisce agli stimoli esterni. I materiali capaci di modificare la propria struttura molecolare (*smart materials*) possono generare sistemi cinetici che incidono sull'aspetto architettonico ed estetico della facciata e dell'edificio nel suo complesso: lamine metalliche composite a differente indice di deformazione, morfologie reversibili al cambio di fase con leghe a memoria di forma (*Shape Memory Alloys*) o con polimeri a memoria di forma (*Shape Memory Polymers*) attivati al sussistere di una certa temperatura.

Del secondo gruppo fanno parte i materiali fotovoltaici e quelli autoriscaldanti. Per poter operare la trasformazione dei servizi energetici degli edifici, una delle opzioni attendibili risulta essere l'impiego di fonti di energie rinnovabili integrate, quali: sistemi fotovoltaici (BIPV – *Building Integrated PhotoVoltaic systems*) e sistemi fotovoltaici/termici (BIPV/T – *Building Integrated PhotoVoltaic/Thermal systems*), questi ultimi sistemi capaci di integrare la funzione di raccolta del calore alle funzioni fotovoltaiche (Debbarma *et al.*, 2017; Nagy *et al.*, 2016). L'integrazione dei sistemi BIPV caratterizza i moduli dinamici multifunzionali, capaci di fornire contemporaneamente un sistema di ombreggiamento, un sistema di produzione di energia elettrica e un sistema di controllo dell'illuminazione solare degli spazi interni.

Lo studio dello stato dell'arte in rapporto ai temi della ricerca evidenzia come ci sia un ampio divario tra studi e indagini sperimentali legate a

questi materiali e le effettive applicazioni nel settore architettonico. Se la ricerca sui nuovi materiali (innovazione di prodotto) è fortemente orientata verso la ricerca di applicazioni indirizzate all'efficienza energetica, i livelli di maturità di queste tecnologie però sono relativamente bassi; in attesa del trasferimento tecnologico verso processi industriali definiti e qualificati, gli aspetti di circolarità e di riduzione dell'impronta della filiera produttiva attualmente non risultano valutabili del tutto. Questi materiali consentono l'adattabilità, la flessibilità e il cambiamento a livello degli elementi tecnici di cui è costituito l'involucro dell'edificio secondo una dinamica ciclica a scala giornaliera o stagionale a prescindere da considerazioni progettuali alla scala architettonica, tipologica o morfologica.

La digitalizzazione delle tecnologie: BIM e Digital Twin

Tra le tecnologie innovative si annoverano anche quelle inerenti al digitale, sia in termini metodologici che applicativi, per le quali le opportunità di sviluppo sono notevoli, con particolare riferimento alla definizione di flussi di digitalizzazione efficienti. Mentre il modello informativo digitale accompagna l'edificio durante tutto il ciclo di vita, il *Digital Twin* permette non solo di gestirlo, ma anche di anticiparne, tramite simulazioni, le successive trasformazioni. In particolare, il concetto di *Topological BIM* indirizza verso una interpretazione adattabile e flessibile degli organismi edilizi che risultano – soprattutto in relazione ai parametri di comfort ambientale – facilmente gestibili a livello di singoli locali, intesi quali unità spaziali minime (Massafra *et al.*, 2024). La possibilità di una gestione puntuale di ogni singolo ambiente di un edificio nel corso del tempo implica un'alta efficienza energetica, un'ottimizzazione e una possibilità di adeguamento continuo dei parametri ambientali degli spazi in funzione degli utenti o delle attività svolte, allungando il ciclo di vita dell'edificio stesso. Le esperienze accumulate sono ancora limitate e l'implementazione di queste tecnologie in fase di realizzazione dei manufatti risulta complessivamente bassa, in un settore tipicamente poco digitalizzato come quello della filiera delle costruzioni. Le possibilità però in termini di circolarità, efficientamento energetico e riduzione dell'impronta ecologica della filiera appaiono potenzialmente significative, sia nella fase di progettazione e realizzazione delle opere che in quella, ben più lunga, di gestione. Dal punto di vista dell'adattabilità, della flessibilità e del cambiamento, questo approccio consente in particolare di modificare l'assetto in termini di comfort ambientale, senza interventi fisici sulle parti dell'edificio.

Soluzioni tecnologiche per il rinnovamento degli organismi architettonici

Una ulteriore strategia di innovazione è legata allo sviluppo di soluzioni tecnologiche volte a consentire un rinnovamento generale degli organismi architettonici attraverso l'integrazione di materiali, prodotti e tecnologie: una convergenza di innovazione tecnologica e di processo, con approccio multidisciplinare, che porta allo sviluppo di set di soluzioni coordinate (Distefano *et al.*, 2022). L'interesse di questo approccio risiede nello sviluppo di soluzioni tra loro in relazione, a partire da materiali e tecniche già disponibili. L'innovazione risiede in particolare nelle soluzioni di integrazione e di interfaccia tra gli elementi, orientando così la ricerca a indagare i livelli tecnologici più maturi rispetto ad altri ambiti indagati, quindi assimilabili alle attività di ricerca industriale e di sviluppo sperimentale. Questo approccio ha un grado di complessità alto, in quanto implica la convergenza e il coordinamento di competenze e discipline diverse; tuttavia, consente di intervenire contemporaneamente su molteplici parametri dell'organismo architettonico ottimizzando e attuando una gestione multi-criteriale

delle performance relativa ai consumi energetici e alla sicurezza sismica. L'utilizzo di materiali e tecnologie in larga massima già disponibili consente di valutare con buona approssimazione gli impatti in termini di circolarità e riduzione dell'impronta ecologica della filiera. Rispetto all'adattabilità, flessibilità e trasformazione questo approccio consente di incrementare le performance al livello dell'intero edificio per rispondere alle mutate condizioni ambientali o all'incremento complessivo di livelli prestazionali richiesti.

Adattabilità, flessibilità e trasformabilità come risposte per il Nord-Est

Partendo dalla strategia inerente al rinnovamento degli edifici esistenti, i principi di integrazione con l'organismo architettonico di nuovi materiali e le strategie di aumento delle performance hanno un carattere sostitutivo o additivo a livello di classi di elementi tecnici. Rimangono inesplorate, quindi, le aree applicative legate ai concetti di adattabilità, flessibilità e trasformabilità che presuppongono una componente trasformativa sostanziale dell'edificio (sagoma, superfici, volumi) o un incremento di risposta alle specifiche esigenze degli utenti in termini di vivibilità. Il cuore della ricerca consiste allora nell'individuazione delle linee più promettenti in relazione alle potenziali applicazioni nelle regioni del Nord-Est italiano.

Con particolare riferimento alla Regione Friuli-Venezia Giulia, gli scenari demografici tendenziali prevedono un futuro calo dei residenti, con un incremento dei nuclei familiari singoli, una riduzione delle coppie con figli, un aumento dell'indice di vecchiaia. Tali indicatori evidenziano uno squilibrio generazionale e sottolineano un generale carico sociale ed economico a cui risultano sottoposte le fasce in età attiva.

Lo stock abitativo del Friuli-Venezia Giulia invece è costituito da oltre 300.000 edifici, dove più della metà è stata realizzata prima dell'entrata in vigore delle prime norme antisismiche (1974) e sull'efficienza energetica (1976). Dal punto di vista tipologico, gli edifici monofamiliari e bifamiliari sono le tipologie prevalenti (ANCE, 2024). Dal punto di vista delle singole unità abitative, in Friuli-Venezia Giulia si contano oltre 730.000 alloggi: di questi, circa 315.000 corrispondono a tipologie mono o bifamiliari, e la quota restante fa riferimento a tipologie plurifamiliari (Confartigianato Imprese Udine, 2023): la quota maggioritaria dello stock abitativo è concentrato in edifici plurifamiliari. L'incremento dei nuclei familiari unitari e la prevalente tipologia monofamiliare portano a un rapporto superficie utile per occupante molto favorevole, problematico però dal punto di vista sociale.

Per queste ragioni, gli obiettivi che riguardano la circolarità, l'efficientamento energetico e la riduzione dell'impronta ecologica della filiera produttiva sono osservati in un'ottica che abbracci l'intero processo edilizio. Tale quadro allargato parte dai bisogni della persona, in mutazione a Nord-Est, e arriva fino alla fase di gestione da parte della medesima utenza. Un asse strategico per ottenere questi macro-obiettivi riguarda l'incremento dell'adattabilità, della flessibilità e della trasformabilità degli edifici nel tempo, lungo il quale l'allungamento del ciclo di vita dei manufatti consente una più efficace gestione degli impatti iniziali, operativi e di dismissione. La continuità e la stabilità nel tempo del rapporto edificio-abitante inoltre possono avere impatti sociali rilevanti e vantaggiosi concorrendo a incrementare il benessere abitativo di fasce di popolazione deboli, destinate ad essere sempre più rilevanti nel territorio del Nord-Est.

Rispetto all'edificio residenziale "mediante" del Nord-Est – una casa isolata su lotto mono o bifamiliare – si rileva come solo due gradi di trasformazione su tre risultino compatibili (adattabilità e modifica). La flessibilità risulta poco incisiva anche su abitazioni bifamiliari, in quanto i casi di permutazione possibili sono limitati; acquisisce invece maggior potenziale negli

edifici plurifamiliari, meno diffusi a Nord-Est ma significativi nel parametro del numero di unità immobiliari.

Alcune riflessioni critiche

Rispetto a nuovi materiali, digitalizzazione e soluzioni tecnologiche vale la pena sottolineare innanzitutto il livello ancora sperimentale delle ricerche attorno agli *smart materials*. La promozione di politiche a sostegno della ricerca nel campo dei materiali ad alte prestazioni può essere funzionale per agevolare il trasferimento tecnologico ad un settore dei prodotti da costruzione che così acquisirebbe un alto valore aggiunto.

Per quanto riguarda la digitalizzazione, l'implementazione nei processi di costruzione risulta ancora debole, non solo nel Nord-Est. Questa debolezza generalizzata, tuttavia può diventare un vantaggio strategico per i soggetti che avranno la capacità di digitalizzare prima i propri processi produttivi, costruttivi e di gestione. Questa condizione inoltre rallenta anche l'applicazione, e di conseguenza lo sviluppo, di tecnologie IOT integrate nell'ambiente costruito. Queste ultime potrebbero invece avere un impatto significativo sia in termini di qualità della vita degli abitanti che di ottimizzazione delle performance degli edifici.

Attualmente il filone che appare più facilmente implementabile nei processi costruttivi è quello che indaga l'innovazione di prodotto attraverso nuove soluzioni tecnologiche generate dall'integrazione di tecnologie esistenti. Questa strategia *all-in-one* ha il vantaggio di ridurre i tempi di realizzazione *in situ*, riducendo l'impronta ecologica di filiera, ma presuppone anche processi produttivi più evoluti e una significativa integrazione dei processi progettuali.

La raccolta e analisi di alcune realizzazioni significative (Figura 06) ha consentito di riflettere invece su soluzioni testate e direttamente applicabili. La ricerca di linee guida che, per strategia e approccio, possano denotare un carattere paradigmatico, evidenzia:

- l'adozione di soluzioni additive agli involucri per incrementare la vivibilità delle unità abitative;
- la contestuale realizzazione di spazi ancillari che assicurino maggiore protezione acustica dalle sorgenti esterne e forniscono un *medium* mitigante alle forzanti climatiche;
- l'indipendenza strutturale degli elementi additivi con tecnologie di assemblaggio meccanico;
- la continuità di fruizione delle unità abitative durante il cantiere e, in generale, una progettazione improntata alla flessibilità di fruizione al variare delle utenze coinvolte.

L'analisi di questi casi ha evidenziato una forte convergenza tipologica verso edifici residenziali a blocco di grandi dimensioni (Figure 01-05). Rispetto al modello dello stock abitativo di riferimento, questi casi quindi coprono potenzialmente un'ampia porzione delle unità immobiliari presenti nel Nord-Est. Per le tipologie mono e bifamiliari, molte delle soluzioni individuate possono considerarsi compatibili. Pur riscontrando un imperfetto allineamento con l'evoluzione delle tecnologie disponibili, queste realizzazioni presentano il livello di sviluppo massimo, dato che l'opera presa in esame risulta in fase di esercizio.

Il caso di studio: il Quartiere di Panzano

Una possibile base per applicare gli approcci metaprogettuali individuati, declinati secondo i gradi di trasformazione definiti, è stata individuata nel

Quartiere di Panzano, a Monfalcone (GO). L'edificio-test è una specifica tipologia residenziale del villaggio operaio, un edificio morfologicamente assimilabile a una casa isolata su lotto, di dimensioni analoghe a un edificio bifamiliare. Rispetto all'edificio residenziale "mediano", questo specifico tipo architettonico ha però il pregio di consentire anche lo sviluppo di soluzioni progettuali legate alla flessibilità, essendo costituito da otto unità abitative, le quali offrono maggiori gradi di configurazione interna e più ipotesi aggregative delle unità stesse.

Incrociando le considerazioni fatte sui nuovi materiali (direzione *bottom-up*) e sui casi di intervento paradigmatici (direzione *top-down*), è stato possibile individuare quelle soluzioni tecnologiche che possiamo considerare promettenti a livello di compatibilità con lo stock abitativo prevalente e con lo scenario demografico tendenziale nel Nord-Est. Queste sono state testate sotto forma di metaprogetto al caso di studio individuato del quartiere operaio di Panzano. Ne sono derivate tre strategie tra loro componibili in funzione degli obiettivi da raggiungere (Figura 07). L'utilizzo di ampliamenti, con funzioni anche di spazi di mediazione o di soglia tra interno ed esterno, consente di agire sulle performance energetiche dell'edificio e di offrire una maggior qualità degli spazi domestici, consentendo a varie scale la modulazione del rapporto tra ambienti privati, livelli di introspezione e spazi comuni (Patterson *et al.*, 2014).

Tali elementi possono venire implementati dallo sviluppo di soluzioni avanzate CABS (*Climate Adaptive Building Shells*), basate sulle capacità dei materiali a memoria di forma di adattarsi alle condizioni di luce e temperatura. Questa tecnologia non utilizza motorizzazioni ed è dunque non energivora, inoltre reagisce autonomamente alle condizioni ambientali senza il bisogno di attuazioni da parte dell'utente. Tali materiali possono essere inseriti in un sistema d'involucro multistrato, denotando un implicito carattere di reversibilità rispetto all'edificio originario, e quindi rendono possibile una forma di adattabilità nel tempo.

L'utilizzo di soluzioni che integrano aspetti strutturali e di chiusura, isolamento e finitura delle pareti consentono sia di implementare le performance di sicurezza statica ed energetiche, che di realizzare nuovi locali e porzioni di corpo di fabbrica consentendo la trasformazione e l'ampliamento del patrimonio costruito esistente in funzione delle necessità di chi lo abita (Basso *et al.*, 2017). In questo caso l'impatto più significativo è dato dalla capacità della filiera di integrare materiali – già disponibili – in prodotti più complessi con carattere di prefabbricazione leggera. Inoltre, soluzioni basate su IOT e modelli informativi degli edifici possono consentire flessibilità e capacità di auto-adattamento dell'edificio in termini di performance energetiche sia alle esigenze degli abitanti, mutevoli nel tempo, sia alle condizioni climatiche.

Le strategie di adattabilità, flessibilità e trasformazione individuate risultano applicabili sia separatamente che in un regime di convergenza, consentendo un reciproco rafforzamento degli effetti e delle ricadute. In termini di trasferimento tecnologico le possibilità sono ampie, in quanto sono possibili sia innovazioni di prodotto che innovazioni di processo. Gli ambiti di sviluppo più promettenti appaiono tanto lo sviluppo di soluzioni tecnologiche integrate a partire da prodotti di base già disponibili, in quanto dalle ricadute più immediate; quanto l'integrazione tra modelli informativi degli edifici e sistemi di monitoraggio ai fini della gestione ottimizzata degli impianti.

Conclusioni

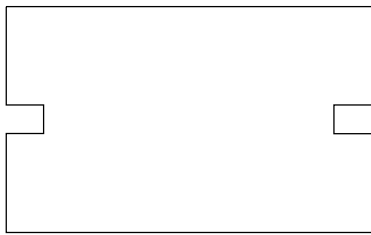
In conclusione, può essere significativo rileggere gli esiti della ricerca ponendoli in relazione con i risultati del *Future of Construction Survey* (World

Economic Forum, 2016). L'indagine in particolare ha raccolto le percezioni degli operatori del settore rispetto a un set di nuove tecnologie, in rapporto a due parametri: probabilità che la tecnologia venga sviluppata o implementata e il suo potenziale impatto sul settore delle costruzioni. Rispetto a questi due assi emergono, tra le altre, in termini di probabilità e impatto alcune tecnologie, tra cui *integrated BIM* (digitalizzazione), *wireless monitoring* (IOT) e *prefabricated building components* (soluzioni tecnologiche integrate). In generale invece i materiali innovativi (*advanced building materials*, *new active materials*, *self-healing materials*), seppure possano avere un potenziale impatto valutato medio/alto, vengono percepiti con una probabilità di sviluppo relativamente bassa.

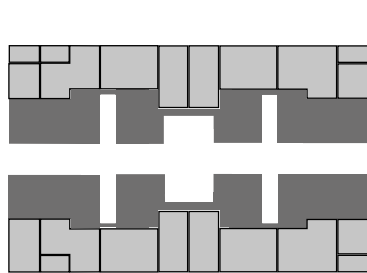
L'indagine del World Economic Forum inoltre riconosce un alto fattore di impatto/probabilità a quelli che sono definiti *advanced project-planning tools*, strumenti avanzati di pianificazione del progetto. Da questo punto di vista un futuro avanzamento della ricerca, che vedrebbe convergere diversi aspetti toccati in questa fase, potrebbe esplorare l'efficacia di applicativi che consentano valutazioni speditive su base tipologica dello stock abitativo, al fine di individuare i manufatti rispetto ai quali determinati set di soluzioni progettuali e tecnologiche (strategie) possono venire applicati con maggior successo, agevolando e ottimizzando l'allocazione delle risorse e i benefici derivanti.

Riferimenti bibliografici

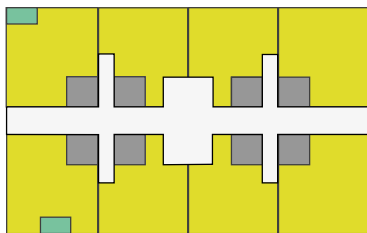
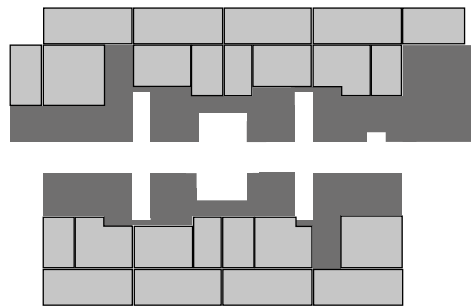
- Aelenei, D., Aelenei, L., Vieira, C.P. (2016) 'Adaptive Façade: Concept, Applications, Research Questions', in *Energy Procedia*, 91, pp. 269–275. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.218>
- ANCE (2024) *Scenari regionali dell'edilizia. Friuli-Venezia Giulia 2024* (online). Disponibile al link: https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/2024_SCENARI_REGIONALI_FRIULI_VG.pdf (Ultimo accesso: 22 aprile 2025).
- Attia, S., Bilir, S., Safy, T., Struck, C., Loonen, R. C. G. M., Goia, F. (2018) 'Current trends and future challenges in the performance assessment of adaptive façade systems', in *Energy and Buildings*, 179, pp. 165–182. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.017>
- Basso, P., Mililli, M., Herrero, F.J.M., Sanz, R., Casaldiga, P. (2017) 'E2VENT - Design and integration of an adaptable module for residential building renovation', in *Journal of Facade Design and Engineering*, 5(2), pp. 7–23. <https://doi.org/10.7480/jfde.2017.2.1678>
- Confartigianato Imprese Udine. (2023) *Stime preliminari sul numero di immobili residenziali da ristrutturare in Friuli-Venezia Giulia* (online). Disponibile al link: https://www.confartigianatoudine.com/system/resources/W1siZiIsLjIwMjMvMTAvMTMvMTFmZTZhZmZFNjQ4XzlwMjNfMTZlZlUJJEVFaXNMZVNTRV9FTkVSR0VUSUNLnBkZiJdXQ/2023_16_ABITAZ_CLASSE_ENERGETICA.pdf (Ultimo accesso: 22 aprile 2025).
- Debbarma, M., Sudhakar, K., Baredar, P. (2017) 'Comparison of BIPV and BIPVT: A review', in *Resource-Efficient Technologies*, 3(3), pp. 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.refit.2016.11.013>
- Jin, Q., Favoino, F., Overend, M. (2017) 'Design and control optimisation of adaptive insulation systems for office buildings. Part 2: A parametric study for a temperate climate', in *Energy*, 127, pp. 634–649. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.096>
- Juaristi, M., Gómez-Acebo, T., Monge-Barrio, A. (2018) 'Qualitative analysis of promising materials and technologies for the design and evaluation of Climate Adaptive Opaque Façades', in *Buildenv and Environment*, 144, pp. 482–501. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.028>
- Massafa, A., Jabi, W., Gulli, R. (2024) 'Topological BIM for building performance management', in *Automation in Construction*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105628>
- Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A., Schlueter, A. (2016) 'The Adaptive Solar Façade: From concept to prototypes', in *Frontiers of Architectural Research*, 5(2), pp. 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.03.002>
- Patterson, M., Vaglio, J., Noble, D. (2014) 'Incremental Façade Retrofits: Curtainwall Technology as a Strategy to Step Existing Buildings toward Zero Net Energy', in *Energy Procedia*, 57, pp. 3150–3159. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.061>
- Perino, M., Serra, V. (2015) 'Switching from static to adaptable and dynamic building envelopes: A paradigm shift for the energy efficiency in buildings', in *Journal of Facade Design and Engineering*, 3(2), pp. 143–163. <https://doi.org/10.7480/jfde.2015.2.1015>
- Pflug, T., Bueno, B., Siroux, M., Kuhn, T. E. (2017) 'Potential analysis of a new removable insulation system', in *Energy and Buildings*, 154, pp. 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.033>
- Polverino, S. (2023) 'Materiali innovativi per il progetto sostenibile', in R. Morbiducci (a cura di), *L'innovazione per la progettazione sostenibile*. Genova: Genova University Press, pp. 40–65.
- Struck, C., Almeida, M., Silva, S., Mateus, R., Lemarchand, P., Petrovski, A., Rabenseifer, R., Wandsdröck, R., Wellershoff, F., de Wit, J. (2015) 'Adaptive facade systems – review of performance requirements, design approaches, use cases and market needs', in *Proceedings of the 10th Energy Forum on Advanced Building Skins*, pp. 1254–1264. <https://doi.org/10.13140/RC.2.1.2023.8165>
- Taveres-Cachat, E., Grynning, S., Almas, O., Goia, F. (2017) 'Advanced transparent façades: Market available products and associated challenges in building performance simulation', in *Energy Procedia*, 132, pp. 496–501. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.685>
- World Economic Forum (2016) *Shaping the Future of Construction A Breakthrough in Mindset and Technology* (online). Disponibile al link: <https://www.weforum.org/publications/shaping-the-future-of-construction-a-breakthrough-in-mindset-and-technology/> (Ultimo accesso: 22 aprile 2025).



1



2



3

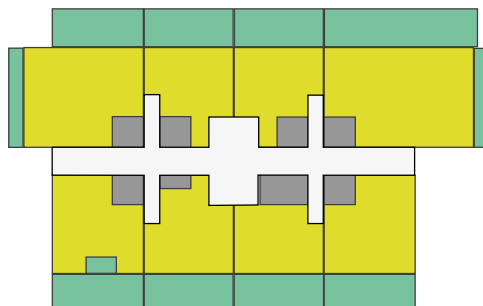


FIGURA 01

Diagrammi di analisi di Tour Bois le Prêtre, Druot, Lacaton & Vassal. Parigi (FR), 2011.

1. Corpo originario; estensioni aggiunte. 2. Spazi serviti (grigio chiaro), spazi ancillari (grigio scuro). 3. Superfici riscaldate (giallo), servizi igienici (grigio), superfici non riscaldate/giardini d'inverno (verde).

Il progetto è caratterizzato da una nuova facciata, costituita da serre solari con una profondità di 3 metri. Questa doppia pelle costituisce un cuscinetto che mitiga gli sbalzi termici tra interno ed esterno e fornisce uno spazio domestico aggiuntivo ai residenti che possono regolare direttamente la ventilazione, la luce e il calore, aprendo i serramenti o agendo su persiane e tende termiche. Le fasi di realizzazione sono state sviluppate e gestite in modo da consentire agli abitanti di non lasciare l'edificio durante il cantiere.

P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.

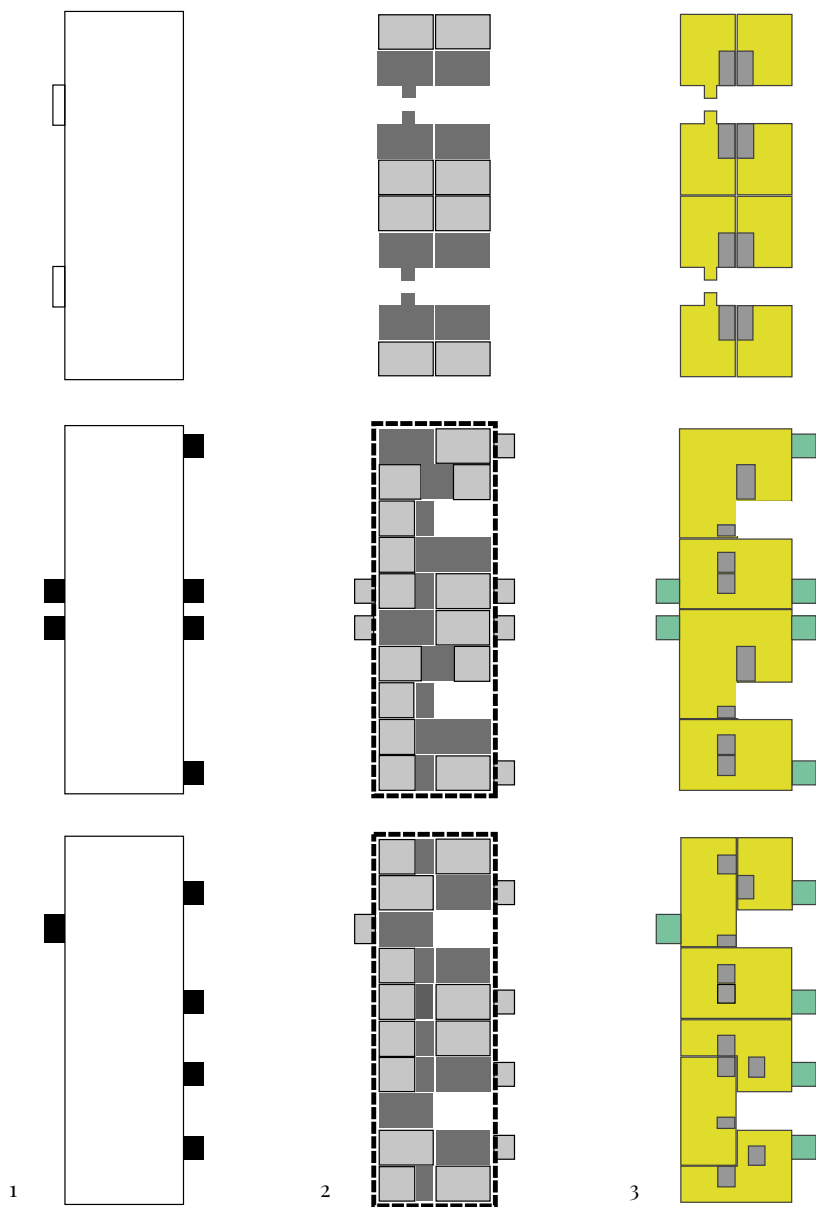
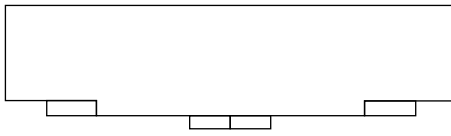


FIGURA 02

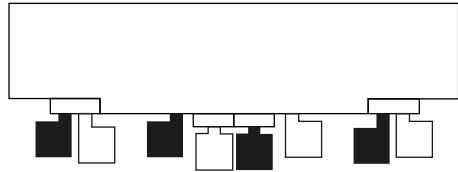
Diagrammi di analisi di Panelák, GutGut Architects. Rimavská Sobota (SK), 2014.

1. Corpo originario; estensioni aggiunte. 2. Spazi serviti (grigio chiaro), spazi ancillari (grigio scuro). 3. Superfici riscaldate (giallo), servizi igienici (grigio), superfici non riscaldate/balconi (verde). La rifunzionalizzazione dell'edificio ha comportato la rimozione delle partizioni interne prefabbricate, il rinnovo dell'involucro e l'inserimento di 30 nuovi balconi tirantati di 2x2 metri, allineati alle nuove zone giorno. Questi elementi ridefiniscono il rapporto tra interno ed esterno, introducendo spazi privati che migliorano la qualità abitativa. All'esterno, l'intervento ha previsto un sistema di isolamento a cappotto e l'installazione di infissi a taglio termico di dimensioni variabili, adattati alla modularità della struttura originaria.

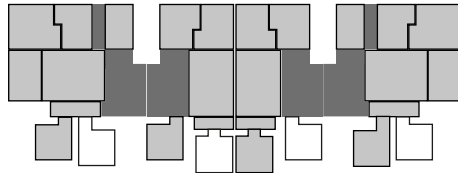
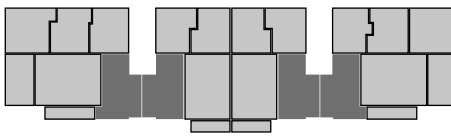
P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.



1



2



3

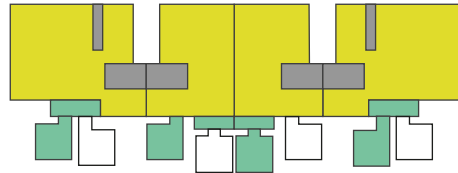


FIGURA 03

Diagrammi di analisi di Le Foyer Bruxellois, Philippe Samyn and Partners. Bruxelles (BE), 2012.

1. Corpo originario; estensioni aggiunte. 2. Spazi serviti (grigio chiaro), spazi ancillari (grigio scuro). 3. Superfici riscaldate (giallo), servizi igienici (grigio), superfici non riscaldate/balconi (verde). L'intervento riguarda la riqualificazione degli edifici esistenti con particolare attenzione al miglioramento dell'isolamento termico. È stata applicata una pelle continua, impermeabile e coibentata, utilizzando i pannelli di rivestimento esistenti che vengono fissati e integrati con giunti completamente rinnovati. L'integrazione dei balconi esistenti negli ambienti giorno, insieme all'aggiunta di nuove terrazze private, contribuisce in modo significativo a migliorare il comfort abitativo. Queste nuove strutture indipendenti sono realizzate in traliccio metallico o lamiera forata.

P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.

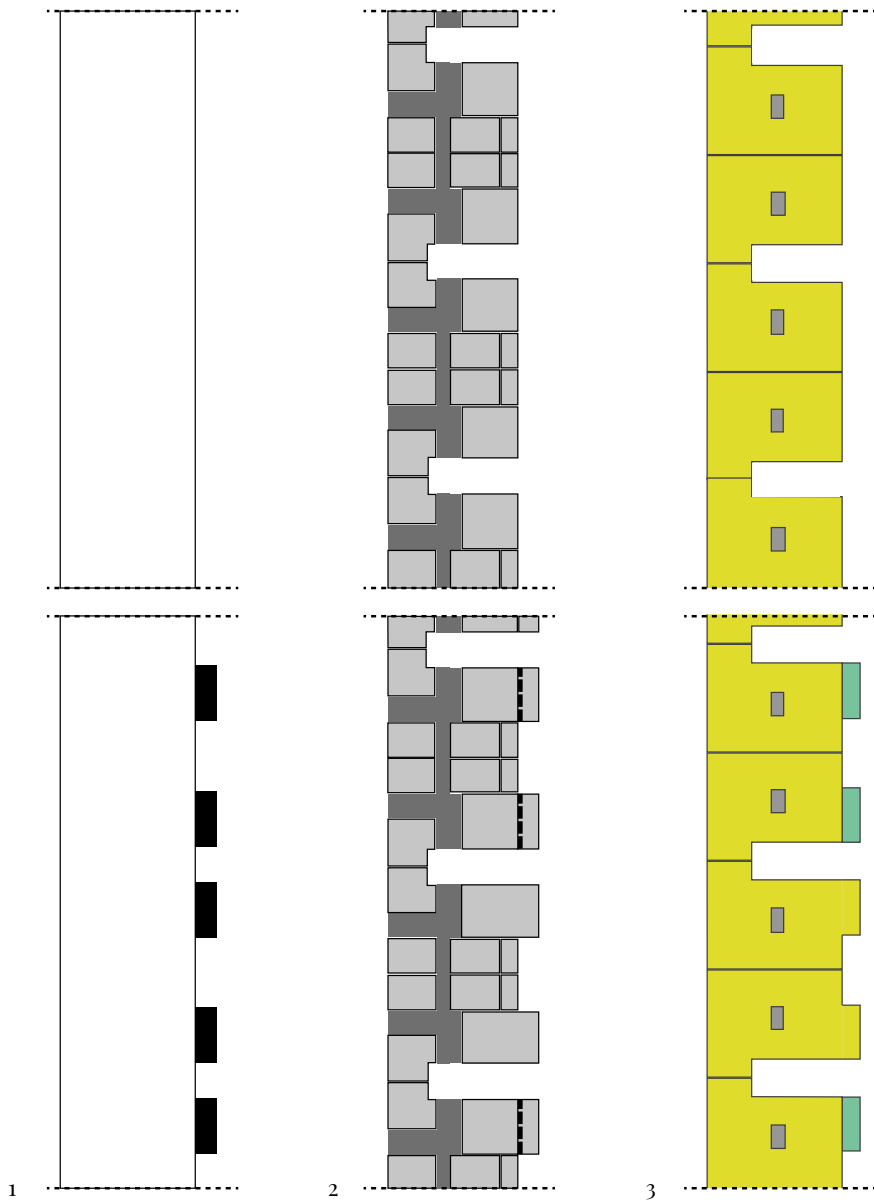


FIGURA 04

Diagrammi di analisi di La Noue Caillet, Virtuel Architecture. Bondy (FR), 2009.

1. Corpo originario; estensioni aggiunte. 2. Spazi serviti (grigio chiaro), spazi ancillari (grigio scuro). 3. Superfici riscaldate (giallo), servizi igienici (grigio), superfici non riscaldate/balconi (verde). Le estensioni aggiunte sono logge di 6 m², realizzate con struttura in pannelli lignei che consentono di migliorare la vivibilità delle unità abitative integrando gli spazi domestici esistenti e fornendo isolamento acustico rispetto all'infrastruttura autostradale limitrofa. L'intervento, pur datato, identifica una serie di principi guida, quali l'indipendenza strutturale degli elementi additivi, l'uso di tecnologie con assemblaggio a secco, l'integrazione delle performance dell'edificio con elementi legati alla qualità dell'abitare della persona.

P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.

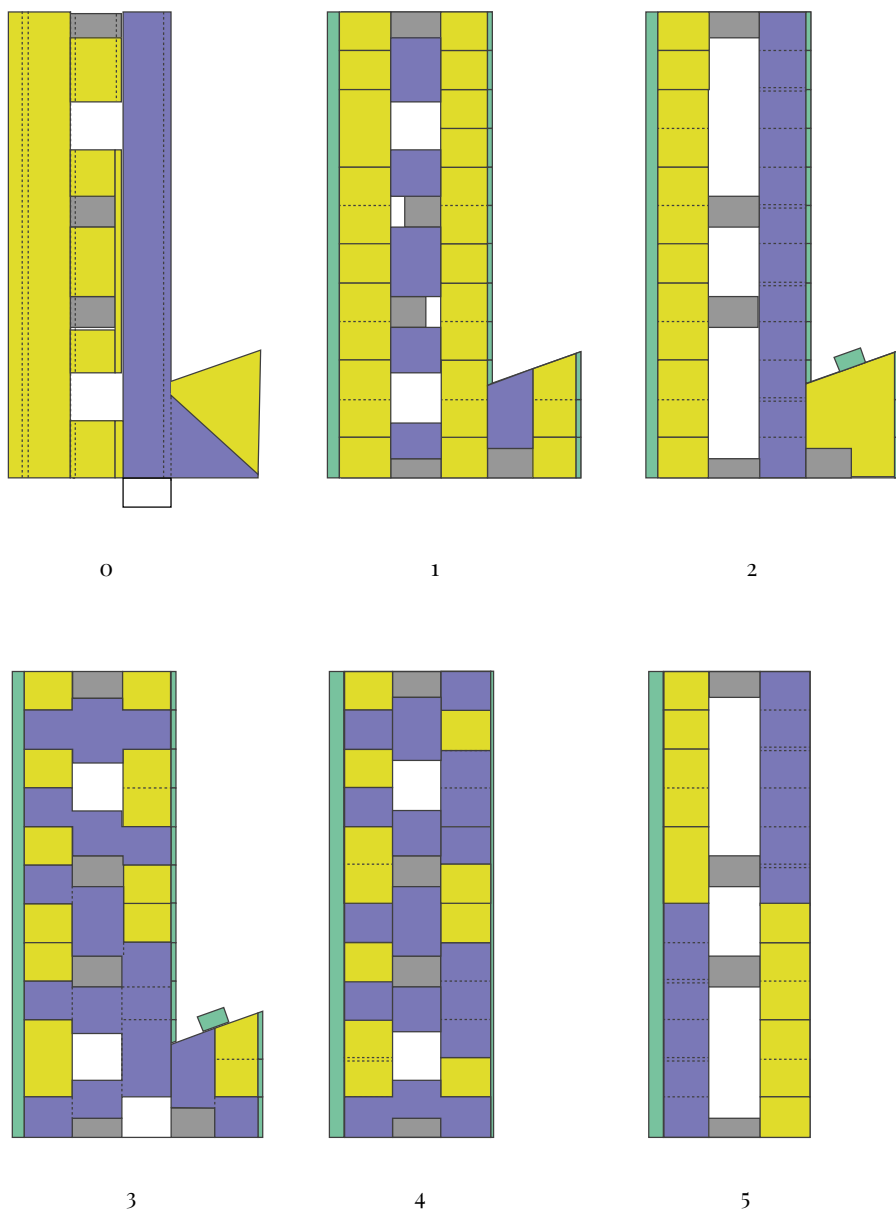


FIGURA 05

Diagrammi di analisi di San Riemo, Summacumfemmer, Büro Juliane Greb. Monaco (DE), 2020.

Analisi flessibilità degli alloggi per piano. Spazi privati (giallo), spazi condivisi (viola), servizi igienici (grigio), spazi aperti/verande (verde). La diversità emerge quando le unità spaziali sono chiuse o collegate tra loro in modi diversi tramite partizioni fisse e/o apribili. Il carattere significativo sta nella forte flessibilità degli spazi, basata su una geometria strutturale modulare, sull'uso di tecnologie di montaggio a secco delle pareti e sulla possibilità di gestione e riconfigurazione degli impianti. Questi tre parametri consentono una forte dinamicità e una capacità di adattamento nel tempo degli spazi. Questa strategia offre un livello di garanzia maggiore nei confronti dell'obsolescenza delle unità abitative in relazione alle mutate necessità d'uso degli abitanti.

P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.



A B C



A B C



A B C



A: Circolarità **B:** Efficienza energetica **C:** Riduzione impronta ecologica della filiera

Alto Medio Basso

FIGURA 06

Casi studio e valori qualitativi

I casi studio sono stati individuati per affrontare i temi del DfAFC. Destinazione d'uso residenziale e capacità di favorire interazioni inclusive sono gli indicatori che hanno guidato il percorso di individuazione. Il valore qualitativo di ogni edificio è stato valutato rispetto a tre parametri: Circolarità, efficienza energetica e riduzione impronta ecologica. La ricerca ambisce a individuare e discutere criticamente strategie per il miglioramento di edifici esistenti finalizzate al benessere dei loro abitanti. La connotazione della ricerca ha richiesto di selezionare interventi sul Patrimonio esistente a destinazione residenziale comprendenti nuovi elementi di facciata e dispositivi tecnologici per mitigare i consumi e rispondere a nuove esigenze d'uso. P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.

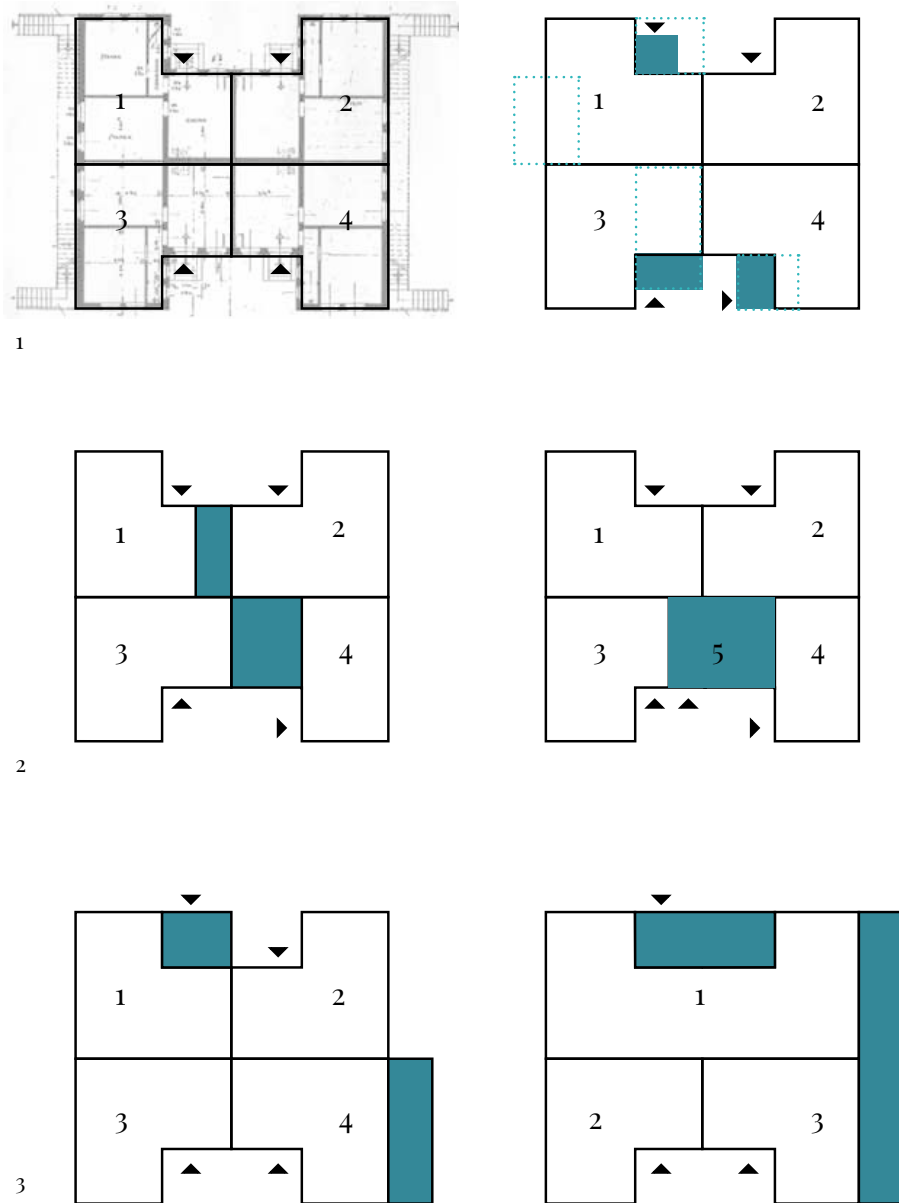


FIGURA 07

Panzano, applicazioni DfAFC.

Ipotesi di applicazione dei gradi di intervento sul caso di studio di Panzano e variazioni potenziali di layout. Grado 1 - Adaptability: Nuovi elementi autonomi che dotano il corpo di fabbrica di nuovi ambienti a completamento e supporto degli spazi domestici. Possono assumere configurazioni diverse, aprendosi verso l'esterno come terrazza o come ampliamento delle stanze esistenti. Grado 2 - Flexibility: Varietà di possibilità abitative: combinazione di spazi nel rispetto della volumetria e sagoma esistenti. Stanze che possono essere scambiate tra diverse unità e la possibilità di aggiungere o rimuovere pareti divisorie all'interno dello scheletro perimetrale. Grado 3 - Change: Ampliamento attraverso l'aggiunta di nuovi volumi e superfici dando nuova forma all'architettura.

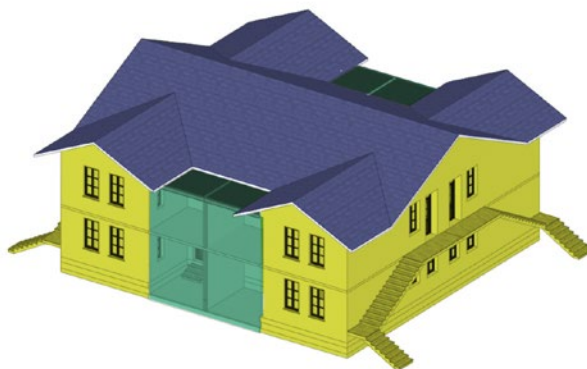
P. Limoncin, T. Bisiani, C.A. Stival, G. Scavuzzo, G. Guaragna, 2024.



Scenario E0



Scenario E1



Scenario E2

FIGURA 08

Modello BIM dell'edificio tipo "1A" del quartiere di Panzano.

Confronto tra scenari con differenti effetti energetici nell'integrazione di serre solari: dall'alto verso il basso, stato di fatto (E0), integrazione della serra (E1), integrazione della serra con pannelli fotovoltaici in copertura (E2).

C.A. Stival, P. Limoncin, T. Bisiani, 2025.

Autore Valeria Tatano

Affiliazione Università Iuav di Venezia



La ricerca accademica ha il potenziale di trasformare in modo profondo il settore delle costruzioni, promuovendo e divulgando i risultati del proprio lavoro, e l'importanza di questo ruolo aumenta nei periodi critici, come quello attuale, contraddistinto dai cambiamenti climatici e, allo stesso tempo, dalla scarsità di risorse economiche.

Le pagine di questo volume restituiscono una sintesi delle ricerche condotte rispetto agli obiettivi del progetto iNEST, che hanno indagato i temi dei materiali innovativi, dei principi dell'economia circolare, della progettazione sostenibile, e della riduzione dell'impronta di carbonio nel settore delle costruzioni.

Conclusioni

La ricerca accademica ha il potenziale di trasformare in modo profondo il settore delle costruzioni, promuovendo e divulgando i risultati del proprio lavoro, e l'importanza di questo ruolo aumenta nei periodi critici, come quello attuale, contraddistinto dai cambiamenti climatici e, allo stesso tempo, dalla scarsità di risorse economiche.

L'università svolge un ruolo di mediatore tra innovazione scientifica e applicazione pratica, contribuendo a trasferire tecnologie al mercato attraverso spin-off, brevetti e progetti pilota, offrendo un supporto tecnico-scientifico al settore pubblico per definire politiche urbane, ambientali e costruttive più sostenibili, e collaborando con le imprese per lo sviluppo di prototipi e prodotti industrializzabili. Lo fa da una posizione privilegiata, perché è collocata all'interno di uno spazio "protetto", dal quale è possibile esplorare e indagare al riparo da rischi reali, anche se la responsabilità di un ricercatore non è per questo meno importante, soprattutto a livello sociale, perché la credibilità e l'autorevolezza di cui gode si fondano proprio sulla capacità di garantire un alto profilo culturale ed etico.

Queste potenzialità si leggono in filigrana nelle pagine del volume, che restituiscono una sintesi delle ricerche condotte rispetto agli obiettivi del progetto iNEST, che hanno indagato i temi dei materiali innovativi, dei principi dell'economia circolare, della progettazione sostenibile, e della riduzione dell'impronta di carbonio nel settore delle costruzioni.

Si tratta di approcci diversi alla ricerca, come quella a carattere sperimentale condotta sulle malte innovative con fibre di origine naturale per il rinforzo delle strutture tramite TRC, o la ricerca applicata, come quella legata all'impiego del compensato strutturale e alle esperienze di progetto e costruzione condotte dall'autrice del

saggio. Ma anche ricerche relative al riuso dei componenti edilizi e alle opportunità che questa metodologia può offrire sul piano progettuale, così come all'impiego del calcestruzzo riciclato, che hanno proposto casi studio di riferimento o che li hanno utilizzati come base di analisi della propria ricerca, come per i componenti strutturali in legno.

Pur nelle differenze di approccio, queste ricerche concorrono a costruire una cultura del settore delle costruzioni diffusa e trasversale, in grado di portare ricadute dirette sulla produzione, ma anche sugli utenti finali. Utenti che si dimostrano più "sensibili" ai temi ecologici rispetto al passato, più attenti alle scelte che effettuano, più consapevoli di poter svolgere un ruolo in quanto attori e non solo destinatari di scelte condotte da altri. Utenti che hanno a disposizione una crescente possibilità di accesso alla conoscenza grazie al web, all'aumento dei divulgatori che utilizzano mezzi diretti come i social, all'Intelligenza Artificiale, i quali a loro volta possono attingere dalla ricerca scientifica in tempo reale e a costo zero, grazie alla diffusione della politica delle pubblicazioni *open access*.

Nel contempo, la ricerca risulta più comprensibile nei suoi obiettivi e meno confinata all'ambito accademico, perché molti settori, come, ad esempio, la moda, la cosmetica o l'automotive, hanno abituato gli utenti alla rilevanza del lavoro di ricerca e alla peculiarità che i risultati raggiunti possano essere condivisi in campi diversi da quello di origine, attraverso un processo di trasferimento tecnologico che funziona per aree ad alta innovazione come quella militare, ma anche per quelle a bassa-media innovazione come quella delle costruzioni.

Così, capire le prestazioni dei materiali a cambiamento di fase nelle applicazioni per l'edilizia, e comprenderne il costo elevato rispetto

ad altri prodotti tradizionali, diventa più chiaro se si sono già incontrati i PCM nell'abbigliamento tecnico sportivo sotto forma di microcapsule integrate che reagiscono agli sbalzi di temperatura e, in base alla situazione, accumulano il calore eccedente o lo cedono dopo averlo immagazzinato.

Un altro tratto ricorrente della ricerca accademica, che la connota rispetto a quella industriale, e ribadito in questi studi, riguarda il fatto di indagare il nuovo cercandone sempre le radici e le premesse.

Ri-scopriamo, ad esempio, le potenzialità dell'utilizzo degli scarti derivanti dalle filiere agricole consapevoli di non essere i primi: nel caso della coltivazione del riso, un capitolo importante era già stato scritto negli anni dell'autarchia. Nel volume *Guida dell'autarchia. Edizione 1940-47* (Gallina, 1941), l'allora direttore dell'Ente Nazionale Risi tracciava un resoconto dell'impiego dei sottoprodotti della lavorazione del riso, come la trasformazione in "alcole" negli impianti di distillazione, e l'utilizzo per la produzione della birra in sostituzione dell'orzo di importazione o come surrogato del caffè. Mentre la lolla di riso, «fino a poco tempo fa considerata dagli industriali un inutile ingombro, è oggetto di intensi studi e di nuove utilizzazioni. Fra queste ha importanza fondamentale quella della produzione di energia motrice mediante adatti impianti termici e di gasificazione».

Ancora prima, Enrico Griffini (1932), in *Costruzione razionale della casa*, tra i "nuovi materiali" per l'edilizia annovera il *Solomit*, una lastra costituita da pannelli di paglia di grano o riso che sottoposti a pressione e cuciti con filo di acciaio

non perdono la loro compattezza e rigidità (Neuberger e Kic, 2021).

Il lavoro sui sistemi costruttivi in *Laminated Veneer Lumber* (LVL) richiama i vantaggi dell'edilizia *off-site* che prevede la realizzazione di elementi edilizi in ambienti industriali controllati per poi assemblarli direttamente in cantiere, senza dimenticare di aver conosciuto quei principi all'interno della prefabbricazione in calcestruzzo, prima pesante e poi leggera, che ha caratterizzato gli anni della ricostruzione post bellica della "prima ondata", e della "seconda ondata", come le definisce Nicola Sinopoli (2002) suddividendo per macro obiettivi (domanda quantitativa, qualitativa e di sostenibilità) il ciclo produttivo italiano dagli anni Cinquanta agli anni Novanta del secolo scorso.

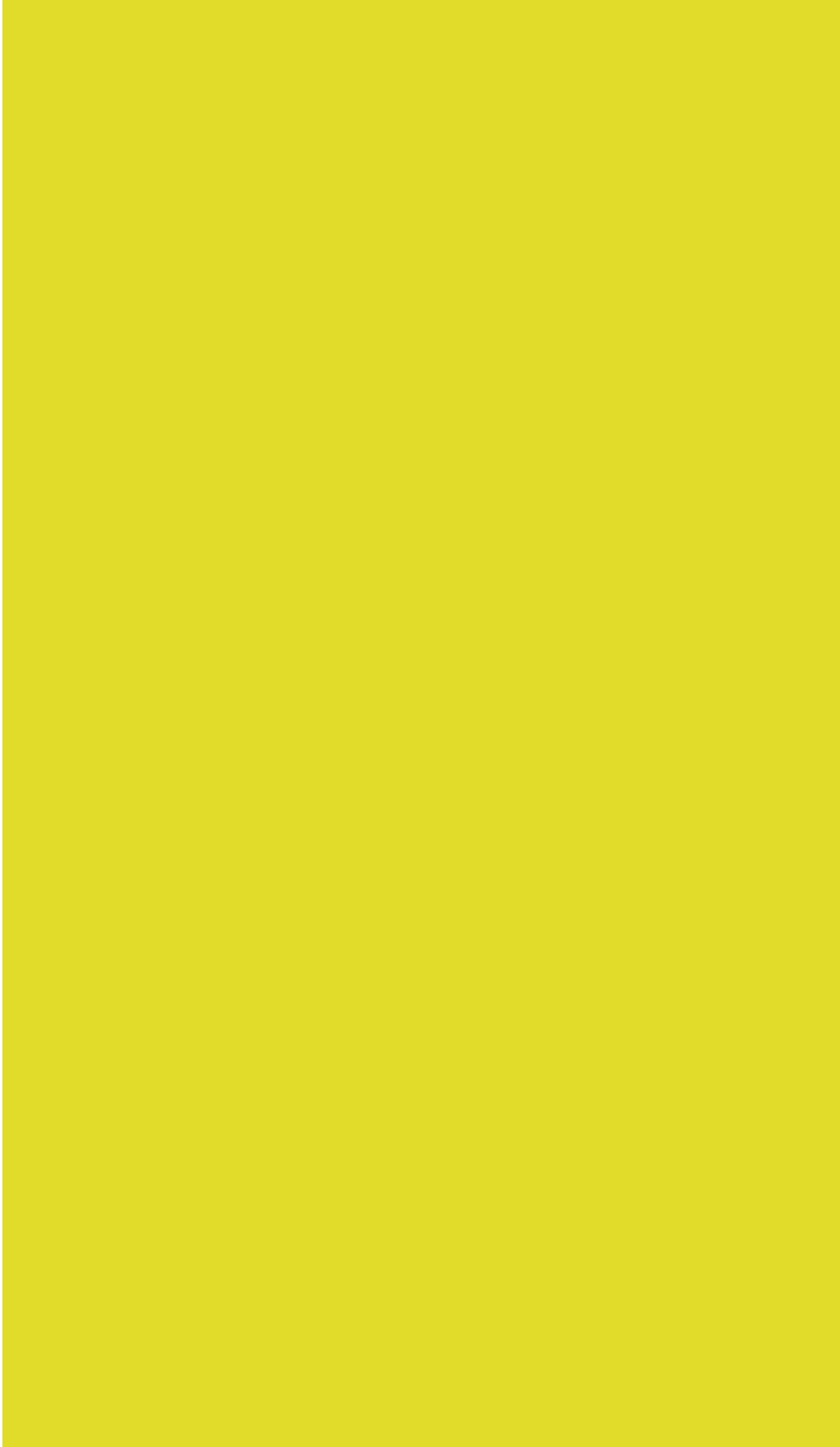
Gli anni che dividono la crisi della prefabbricazione italiana, che Sinopoli colloca nel 1977, dal rinnovato interesse per la modalità *off-site*, fanno sì che non si tratti di un mero cambiamento terminologico, ma di un mutamento che ha riguardato i sistemi tecnologici che hanno raggiunto un grado di maturità e diffusione allora inimmaginabile, come dimostrano oggi i sistemi a secco in legno, alluminio e acciaio.

Infine, ma non per importanza, queste ricerche hanno una immediata ricaduta nell'ambito didattico e concorrono a formare i futuri progettisti nell'ottica della consapevolezza dei limiti ambientali ma anche delle potenzialità del settore produttivo, secondo una visione sistemica del progetto, in cui materiali, sistemi costruttivi, scelte progettuali e contesti sociali si relazionano e intrecciano vicendevolmente.

Riferimenti bibliografici

- Gallina, G. (1941) 'L'autarchia nel settore risiero', in *Guida dell'autarchia. Edizione 1940-41. XVIII-XIX*. Milano: Circolo della stampa, pp. 71-77.
- Griffini, E. A. (1932) *Costruzione razionale della casa. I nuovi materiali. Orientamenti attuali nella costruzione, la distribuzione, la organizzazione della casa*. Milano: Hoepli.
- Neuberger, P., Kic, P. (2021) 'A Century of Use of SOLOMIT Thermal Insulation Panels', in *Energies*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/en14217197>.
- Sinopoli, N. (2022) 'Cinquant'anni di innovazioni tra domanda e mercato', in N. Sinopoli, V. Tatano, *Sulle tracce dell'innovazione tra tecniche e architettura*. Milano: FrancoAngeli, pp. 21-42.





Volume 2

Spoke 4
City, Architecture,
Sustainable design

A cura di

Elisa Zatta
Rosaria Revellini

Il volume presenta gli esiti dell'attività "New Materials" dello Spoke 4 "Città, Architettura e Design Sostenibile" del progetto iNEST. Il lavoro affronta il tema della sostenibilità su scala urbana e edilizia, focalizzandosi sull'impiego di materiali e tecniche costruttive innovativi volti a supportare una transizione del territorio del Nord-Est a partire dal suo edificato.

Le sette traiettorie di ricerca illustrate presentano soluzioni che, nel rispetto dei principi dell'economia circolare, mirano a migliorare l'efficienza energetica degli edifici e ridurre l'impatto ambientale del costruito esistente e futuro.

Collocandosi nello specifico contesto del Nord-Est italiano, la ricerca intende promuovere strategie coerenti con le fragilità e peculiarità dello stesso, proponendo strumenti operativi a supporto di un approccio consapevole del territorio.

€ 20.00



9 791259 531735