"Part of the journey is the end.."

A.E.S.

Università degli Studi "G. d'Annunzo" Cheti - Pescara

University of Study "G. d'Annunzio" Chieti - Pescara

Scuola Superiore G. d'Annunzio

Dottorato di Ricerca in Culture del Progetto Creatività, Patrimonio, Ambiente

PhD Course in Design Cultures Creativity, Heritage, Environment

Coordinatore

Coordinator

Prof. Maurizio Unali

Collegio dei Docenti

Teaching staff

Proff.

Massimo Angrilli

Federico Bilò

Sebastiano Carbonara

Stefano D'Avino

Giuseppe Di Bucchianico

Filomena Adele Fiadino

Raffaele Giannantonio

Michele Lepore

Antonio Marano

Lorenzo Pignatti

Donatella Radogna

Lucia Serafini

Claudio Varagnoli

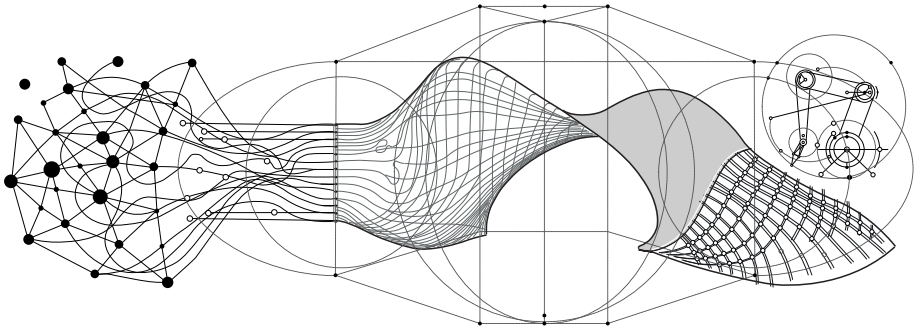
CANDIDATO: **ANTONIO CRISTINO**

XVIII CICLO
DATA **28/07/2026**

TUTOR: **PROF.SSA DONATELLA RADOGNA**
CO-TUTOR: **PROF.SSA LUCIANA MASTROLONARDO**
CO-TUTOR: **PROF. ROBERTO NABONI**

TESI DI DOTTORATO

LA DIGITALIZZAZIONE DEL PROCESSO EDILIZIO VOL.1



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI "G.D'ANNUNZIO" CHIETI PESCARA
DOTTORATO **CULTURE DEL PROGETTO: CREATIVITÀ, PATRIMONIO, AMBIENTE**

ABSTRACT

La tesi analizza il ruolo della transizione digitale nel processo edilizio, assumendo come campo di osservazione il rapporto tra progetto, produzione, costruzione e gestione dell'architettura. Strumenti computazionali, ambienti informativi, sistemi di simulazione, dispositivi immersivi, robotica, digital twin e procedure di fabbricazione digitale stanno modificando in profondità pratiche, tempi, relazioni operative e modalità di controllo, mentre una parte rilevante del quadro normativo e procedurale continua a riflettere una visione ancora scandita per fasi separate, con limitate possibilità di integrazione tra dati, attori, verifiche e processi decisionali. Entro questa distanza tra assetti consolidati e condizioni contemporanee, la ricerca si propone di rileggere criticamente il processo edilizio e di verificarne le possibilità di aggiornamento teorico, metodologico e operativo.
L'obiettivo della tesi consiste nel chiarire in che modo la digitalizzazione possa incidere sulla struttura stessa del processo, come fattore capace di ridefinire l'organizzazione delle informazioni, le forme di coordinamento, le modalità di restituzione del progetto e la continuità tra le diverse fasi della filiera. Il lavoro si concentra in particolare sulla possibilità di costruire un modello più coerente con l'attuale condizione tecnica e culturale dell'architettura, entro il quale raccolta dei dati, interpretazione dei bisogni, comunicazione del progetto, sviluppo produttivo, supporto alla costruzione e gestione informativa possano essere letti come parti di un medesimo sistema relazionale.
La metodologia adottata combina analisi della letteratura, studio critico del quadro normativo, confronto con casi di riferimento e sviluppo di sperimentazioni applicate.
Una prima linea di indagine riguarda la progettazione e, in particolare, l'impiego di strumenti partecipativi per la raccolta di abitudini, esigenze, preferenze e feedback de-

gli utenti. In questo ambito la ricerca approfondisce la costruzione di questionari, la strutturazione dei dataset e l'uso di procedure di analisi capaci di trasformare informazioni eterogenee in indicazioni utili al progetto. Questo passaggio consente di superare una partecipazione meramente dichiarativa e di orientarla verso forme di interpretazione più strutturate, verificabili e comparabili.

La tesi dedica, su questo piano, un'attenzione specifica ai sistemi di intelligenza artificiale e ai modelli linguistici di grandi dimensioni, considerati sia come oggetto di riflessione sia come strumenti utili alla ricerca. Nel corso del lavoro, questi sistemi sono stati impiegati per lo sviluppo di specifici dispositivi sperimentali di analisi e restituzione dei dati, nonché come supporto ad alcune operazioni di organizzazione, sintesi e rielaborazione dei materiali testuali e analitici, entro un processo costantemente verificato e controllato dall'autore. La loro presenza, all'interno della tesi, viene quindi trattata in termini metodologici e operativi, con attenzione al rapporto tra automazione, interpretazione e responsabilità scientifica.

La comunicazione del progetto costituisce una seconda direttrice della ricerca, viene esaminato il contributo offerto da sistemi immersivi, ambienti navigabili, piattaforme interattive e dispositivi di visualizzazione avanzata, osservandone il valore rispetto alla comprensione dello spazio, alla condivisione delle informazioni e alla raccolta di riscontri da parte di interlocutori diversi. La comunicazione viene così riletta come parte attiva del processo progettuale e non come rappresentazione finale. L'impiego di ambienti digitali esplorabili, strumenti di realtà aumentata e virtual tour consente infatti di verificare la capacità dei sistemi immersivi di sostenere processi di restituzione più accessibili, comparabili e aperti al confronto.

Produzione e costruzione vengono assunte come ambiti nei quali la transizione digitale modifica sia la natura degli strumenti sia l'assetto delle relazioni tra progetto, materia, fabbricazione, logistica e assemblaggio. In questa prospettiva vengono analizzati i rapporti tra progettazione computazionale, ottimizzazione, fabbricazione digitale, procedure robotizzate e cantierizzazione assistita, con particolare attenzione alla continuità informativa tra definizione geometrica, dati materiali, sequenze operative e controllo esecutivo. Il digital twin consente, in questo quadro, di stabilire una connessione più stabile tra rappresentazione, monitoraggio, tracciamento dei componenti e gestione dei flussi informativi lungo il ciclo di vita dell'opera.

Le sperimentazioni sviluppate nel corso della ricerca hanno consentito di mettere alla prova tali ipotesi su casi applicativi differenti. Il caso studio RE-Bridge, condotto presso la University of Southern Denmark, ha offerto un campo di indagine utile per osservare l'interazione tra ottimizzazione geometrica, catalogazione dei componenti, fabbricazione, assemblaggio e supporto digitale alla costruzione. L'integrazione tra modelli parametrici, sistemi di stoccaggio informato, strumenti di realtà aumentata e logiche di digital twin ha consentito di leggere con maggiore precisione il valore operativo della continuità digitale tra le diverse fasi del processo.

La tesi costruisce una lettura integrata del processo edilizio contemporaneo e definisce un impianto metodologico che mette in relazione analisi normativa, sperimentazione progettuale e sviluppo di strumenti digitali. Il lavoro mostra come dati, intelligenza artificiale, sistemi immersivi, robotica e digital twin possano concorrere alla formulazione di processi più coordinati, leggibili e adattabili, capaci di attribuire al progetto una funzione di regia estesa lungo l'intera

filiera. Entro questa linea, la ricerca riconosce anche la necessità di un aggiornamento del lessico, dei criteri interpretativi e dei riferimenti normativi, così che il processo edilizio possa essere descritto e governato in modo coerente con le forme di integrazione tecnica, informativa e relazionale che oggi ne ridefiniscono struttura e funzionamento.

INDICE

13 **1 | PARTE PRIMA INQUADRAMENTO DEL TEMA, OBIETTIVI E IMPOSTAZIONE METODOLOGICA**

14 QUADRO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO

26 PROSPETTIVE DI RICERCA

30 OBIETTIVI DELLA RICERCA

32 ITER DELLA RICERCA

46 **2 | PARTE SECONDA- NORMATIVA E PROCESSO EDILIZIO**

48 2.0 EVOLUZIONE STORICA DELLA NORMATIVA ITALIANA

54 2.1 LIMITI NELLA NORMATIVA ITALIANA

86 2.2 CONFRONTO CON LA NORMATIVA EUROPEA

118 2.3 PROSPETTIVE DI AGGIORNAMENTO DELLA NORMATIVA ITALIANA

122 2.4 ANALISI E LIMITI DEL PROCESSO EDILIZIO

124 2.5 PROSPETTIVE DI AGGIORNAMENTO DEL PROCESSO EDILIZIO

144 2.6 INTRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DIGITALI NELLA NORMATIVA ITALIANA

166 2.7 RIORGANIZZAZIONE DELLE FASI DEL PROCESSO EDILIZIO.

171 **3 | PARTE TERZA: PROGETTAZIONE**

172 3.1 DIGITALIZZAZIONE NELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

176 3.2 STRUMENTI E APPROCCI ALLA PROGETTAZIONE

192 3.2.1 MODELLI E PARTECIPAZIONE NELLA PROGETTAZIONE

197 3.2.2 LIMITI STRUTTURALI DEI MODELLI PARTECIPATIVI

200 3.2.3 STRUMENTI DIGITALI NELLA PROGETTAZIONE PARTECIPATA

202 3.3 INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN ARCHITETTURA E PROSPETTIVE DI INNOVAZIONE
210 3.3.1 INTELLIGENZA ARTIFICIALE E PROCESSO PARTECIPATIVO
214 3.3.2 ORGANIZZARE IL PROCESSO PROGETTUALE COME INFRASTRUTTURA DI CONOSCENZA
217 3.3.3 SISTEMI GENERATIVI E PARTECIPAZIONE COME STRUTTURA DECISIONALE DEL PROCESSO PROGETTUALE
222 3.4 NUOVO RUOLO DEL PROGETTISTA
228 3.5 VARIABILE TEMPO NEL PROGETTO
292 3.6 NUOVO MODELLO PROGETTUALE
327 3.7 ANALISI DEI DATI NELLA PROGETTAZIONE PARTECIPATA E SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE
330 3.7.1 RUOLO DEI DAT
334 3.7.2 COSTRUZIONE DEI QUESTIONARI
338 3.7.3 DATASET E INFRASTRUTTURE INFORMATIVE
344 3.7.4 ANALISI DEI DATASET MEDIANTE MODELLI L.L.M
360 3.7.5 UTILIZZO DEI MODELLI LINGUISTICI NELL'ANALISI DEI DATI
364 3.7.6 LIMITI METODOLOGICI E CONDIZIONI DI VALIDITÀ NELL'ANALISI DEI DATASET
370 3.7.7 STRUMENTI GENERATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
383 3.8 MODELLI GENERATIVE E I.A. NELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
390 3.8.1 SISTEMI GENERATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
399 3.9 COMUNICAZIONE NEL PROCESSO PROGETTUALE
402 3.9.1 ATTORI, STRUMENTI E LIMITI DELLE RAPPRESENTAZIONI
406 3.9.2 TECNOLOGIE IMMERSIVE PER LA COMUNICAZIONE DEL PROGETTO ARCHITETTONICO

414 3.9.3 STRUMENTI COMUNICATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
438 3.10 APPLICAZIONE DEL MODELLO SU CASI STUDIO

472 4 | PARTE QUARTA: FASE DI PRODUZIONE
474 4.1 TITOLO CAPITOLO
510 4.2 TITOLO CAPITOLO

527 5 | PARTE QUINTA: FASE DI COSTRUZIONE
532 5.1 ASSEMBLAGGIO COLLABORATIVO UOMO-ROBOT
538 5.2 DIGITAL TWIN E CONTROLLO DEL PROCESSO COSTRUTTIVO
546 5.3 SISTEMI XR PER IL MONTAGGIO E L'ITERAZIONE OPERATIVA
554 5.4 INTRODUZIONE AL DIAGRAMMA DI FLUSSO TRA PRODUZIONE E COSTRUZIONE
562 5.5 CASO SPERIMENTALE: RE-BRIDGE
616 5.6 CASO SPERIMENTALE: C_02

623 5 | PARTE SESTA: CONCLUSIONI
624 6.1 CONCLUSIONI
632 6.2 CONTRIBUTO DELLA TESI
638 6.3 LIMITI DELLA RICERCA E SVILUPPO FUTURI
644 6.4 AGGIORNAMENTO NORMATIVO DEL PROCESSO EDILIZIO DIGITALIZZATO

650 6.5 PROPOSTA DI INTEGRAZIONE NORMATIVA
658 6.6 SCALABILITÀ,FLESSIBILITÀ E SVILUPPO DEL PROCESSO
660 6.7 CONSIDERAZIONI FINALI

663 BIBLIOGRAFIA
705 GLOSSARIO
729 ABBREVIAZIONI

1 | PARTE PRIMA
INQUADRAMENTO DEL TEMA, OBIETTIVI E IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

1.1 QUADRO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO

La digitalizzazione trasforma in profondità il processo edilizio e, con esso, l'intero settore delle costruzioni, intervenendo su strumenti, procedure, modelli organizzativi, forme della rappresentazione, sistemi di controllo e modalità di coordinamento tra i soggetti coinvolti nella definizione, nella realizzazione e nella gestione dell'opera. Il tema si è progressivamente imposto all'interno del dibattito disciplinare e tecnico per effetto di più fattori concomitanti: la crescente complessità dei processi edilizi, la necessità di migliorare la qualità e la tracciabilità delle decisioni, la richiesta di maggiore continuità tra le fasi, l'attenzione alla sostenibilità ambientale, la diffusione di modelli informativi interoperabili e la disponibilità di strumenti capaci di trattare quantità sempre più estese di dati progettuali, tecnici, prestazionali e gestionali[1]. La ricerca si inserisce in questo quadro e assume la digitalizzazione come chiave per rileggere il processo edilizio nella sua interezza, osservandone struttura, passaggi critici, potenzialità evolutive e possibilità di riconfigurazione.

Per lungo tempo il processo edilizio è stato organizzato secondo una logica di tipo sequenziale, fondata sulla distinzione tra fasi relativamente stabili e sulla distribuzione delle responsabilità tra soggetti specializzati. Questa impostazione ha avuto una funzione ordinatrice, ha reso possibile la definizione di ruoli, documenti, controlli e adempimenti, e ha contribuito alla costruzione di un lessico tecnico condiviso. In Italia, questo ordinamento trova una formulazione esplicita nella normativa tecnica che descrive il processo edilizio come articolazione coordinata di fasi, soggetti e prodotti documentali, e che attribuisce a ciascun momento compiti, verifiche e risultati attesi[2]. Questa struttura ha costituito per anni il riferimento principale per leggere la fi-

liera, e mantiene ancora oggi un valore essenziale per comprendere il funzionamento del settore. Allo stesso tempo, la sua applicazione ha spesso consolidato una distribuzione per comparti, entro la quale il passaggio delle informazioni tra una fase e l'altra risulta discontinuo, la documentazione si moltiplica senza sempre mantenere coerenza interna, e la relazione tra decisione iniziale, traduzione operativa e comportamento effettivo dell'opera tende a indebolirsi nel corso del tempo.

Questa configurazione ha inciso direttamente sul modo di intendere il progetto. La progettazione è stata a lungo trattata come momento di anticipazione dell'opera futura, affidato alla costruzione di elaborati, verifiche e specifiche capaci di guidare la fase realizzativa. Una simile visione ha prodotto strumenti di grande precisione tecnica, ma ha anche rafforzato una separazione tra chi produce il progetto, chi lo interpreta nelle fasi successive e chi abita o gestisce gli spazi una volta completati. La distanza tra progettazione, uso e manutenzione rappresenta uno dei limiti del settore, insieme alla difficoltà di riportare nel processo le conoscenze maturate dopo la consegna dell'opera. Il quadro cambia quando la dimensione informativa acquista un ruolo strutturale: il progetto non coincide più soltanto con la definizione anticipata di una forma o di una soluzione tecnica, ma con la costruzione di un sistema di relazioni tra dati, regole, simulazioni, attori, scenari e verifiche, destinato a proseguire oltre il momento della rappresentazione.

L'introduzione di ambienti di modellazione informativa, piattaforme collaborative, sistemi di simulazione, strumenti di gestione documentale, dispositivi immersivi, intelligenza artificiale e digital twin modifica la natura stessa delle informazioni trattate nel processo edilizio[3]. Le informazioni vengono intese come entità collegate, aggiornabili, verificabili e

1.1 QUADRO DI RIFERIMENTO DELLO STUDIO

La digitalizzazione trasforma in profondità il processo edilizio e, con esso, l'intero settore delle costruzioni, intervenendo su strumenti, procedure, modelli organizzativi, forme della rappresentazione, sistemi di controllo e modalità di coordinamento tra i soggetti coinvolti nella definizione, nella realizzazione e nella gestione dell'opera. Il tema si è progressivamente imposto all'interno del dibattito disciplinare e tecnico per effetto di più fattori concomitanti: la crescente complessità dei processi edilizi, la necessità di migliorare la qualità e la tracciabilità delle decisioni, la richiesta di maggiore continuità tra le fasi, l'attenzione alla sostenibilità ambientale, la diffusione di modelli informativi interoperabili e la disponibilità di strumenti capaci di trattare quantità sempre più estese di dati progettuali, tecnici, prestazionali e gestionali[1]. La ricerca si inserisce in questo quadro e assume la digitalizzazione come chiave per rileggere il processo edilizio nella sua interezza, osservandone struttura, passaggi critici, potenzialità evolutive e possibilità di riconfigurazione.

Per lungo tempo il processo edilizio è stato organizzato secondo una logica di tipo sequenziale, fondata sulla distinzione tra fasi relativamente stabili e sulla distribuzione delle responsabilità tra soggetti specializzati. Questa impostazione ha avuto una funzione ordinatrice, ha reso possibile la definizione di ruoli, documenti, controlli e adempimenti, e ha contribuito alla costruzione di un lessico tecnico condiviso. In Italia, questo ordinamento trova una formulazione esplicita nella normativa tecnica che descrive il processo edilizio come articolazione coordinata di fasi, soggetti e prodotti documentali, e che attribuisce a ciascun momento compiti, verifiche e risultati attesi[2]. Questa struttura ha costituito per anni il riferimento principale per leggere la filiera, e mantiene ancora oggi un valore essenziale per comprendere il funzionamento del settore. Allo stesso tempo, la sua applicazione ha spesso consolidato una distribuzione per comparti, entro la quale il

passaggio delle informazioni tra una fase e l'altra risulta discontinuo, la documentazione si moltiplica senza sempre mantenere coerenza interna, e la relazione tra decisione iniziale, traduzione operativa e comportamento effettivo dell'opera tende a indebolirsi nel corso del tempo.

Questa configurazione ha inciso direttamente sul modo di intendere il progetto. La progettazione è stata a lungo trattata come momento di anticipazione dell'opera futura, affidato alla costruzione di elaborati, verifiche e specifiche capaci di guidare la fase realizzativa. Una simile visione ha prodotto strumenti di grande precisione tecnica, ma ha anche rafforzato una separazione tra chi produce il progetto, chi lo interpreta nelle fasi successive e chi abita o gestisce gli spazi una volta completati. La distanza tra progettazione, uso e manutenzione rappresenta uno dei limiti del settore, insieme alla difficoltà di riportare nel processo le conoscenze maturate dopo la consegna dell'opera. Il quadro cambia quando la dimensione informativa acquista un ruolo strutturale: il progetto non coincide più soltanto con la definizione anticipata di una forma o di una soluzione tecnica, ma con la costruzione di un sistema di relazioni tra dati, regole, simulazioni, attori, scenari e verifiche, destinato a proseguire oltre il momento della rappresentazione.

L'introduzione di ambienti di modellazione informativa, piattaforme collaborative, sistemi di simulazione, strumenti di gestione documentale, dispositivi immersivi, intelligenza artificiale e digital twin modifica la natura stessa delle informazioni trattate nel processo edilizio[3]. Le informazioni vengono intese come entità collegate, aggiornabili, verificabili e riutilizzabili in fasi differenti. Il modello digitale permette di associare alla geometria dati prestazionali, vincoli normativi, proprietà dei materiali, costi, sequenze operative, scenari d'uso e contenuti gestionali. La piattaforma collaborativa permette di condividere versioni, responsabilità, revisioni e conflitti tra discipline diverse. I sistemi di simulazio-

ne consentono di anticipare il comportamento di configurazioni ancora in fase di studio. I dispositivi immersivi facilitano l'esplorazione e la comprensione dello spazio. I modelli di intelligenza artificiale ampliano le possibilità di lettura, sintesi e correlazione di dataset complessi. Il digital twin rafforza la continuità tra rappresentazione, costruzione, monitoraggio e gestione. L'effetto più rilevante di questa trasformazione riguarda la ricomposizione dei legami tra le fasi del processo, più ancora della prestazione del singolo strumento.
Il processo edilizio tende così a essere osservato come sistema informativo e decisionale. Le fasi tradizionali restano riconoscibili, ma vengono attraversate da flussi di dati, ambienti di condivisione, procedure di aggiornamento e controlli incrociati che ne modificano il funzionamento interno. La progettazione dialoga con simulazione, produzione, costruzione e manutenzione in modo più stretto. La produzione riceve dati più strutturati e restituisce informazioni utili alla verifica della fattibilità e alla gestione dei componenti. Il cantiere si confronta con modelli sempre più vicini alla logica del coordinamento operativo. La gestione dell'opera dispone, almeno in linea teorica, di una base informativa più ricca e continuativa. Il processo acquista quindi una forma diversa, meno definita dalla sola sequenza cronologica e più dalla qualità delle connessioni tra i suoi passaggi.

Questa trasformazione si lega a un insieme di questioni che oltrepassano l'efficienza tecnica. Le costruzioni incidono in misura rilevante sul consumo di energia, sull'impiego di materiali, sulla produzione di rifiuti, sulla qualità degli ambienti interni e sulla durata delle prestazioni nel tempo[4]. Il processo edilizio si trova quindi al centro di problematiche ambientali, economiche e sociali che richiedono maggiore capacità di previsione, controllo e adattamento. La dimensione temporale acquista qui un valore decisivo. L'edificio si presenta come un organismo esposto a trasformazioni, manutenzioni, aggiornamenti, usi imprevisti, cambiamenti normativi e nuove esigenze prestazionali. La possibilità

di costruire continuità tra progetto, realizzazione, uso e monitoraggio costituisce uno degli ambiti in cui la digitalizzazione esprime con maggiore efficacia il proprio potenziale.

Nel contesto italiano, questa trasformazione entra in rapporto con una struttura normativa ampia, stratificata e distribuita tra livelli diversi[5]. Il sistema regolativo si è formato attraverso una lunga successione di leggi, decreti, norme tecniche, procedure amministrative e dispositivi di controllo, elaborati in risposta a problemi storicamente differenti: igiene, sicurezza, pianificazione, efficienza energetica, accessibilità, qualificazione documentale, appalti, gestione delle responsabilità. Il risultato è un quadro articolato e capillare, capace di disciplinare numerosi aspetti della filiera, ma segnato anche da sovrapposizioni, rigidità, differenze applicative e difficoltà di coordinamento. I capitoli della tesi dedicati alla normativa mostrano chiaramente la centralità di questo blocco, che viene affrontato a partire dall'evoluzione storica della normativa italiana, dai suoi limiti, dal confronto con altri contesti europei, dalle prospettive di aggiornamento, fino all'introduzione degli strumenti digitali e alla riorganizzazione delle fasi del processo edilizio. La digitalizzazione agisce, in questo quadro, all'interno di una struttura già fortemente codificata. Il suo ingresso rende più leggibili, anche per contrasto, la frammentazione dei passaggi informativi, la persistenza di logiche prescrittive, la debole integrazione tra controllo ex ante e verifica nel tempo e la difficoltà di tradurre il patrimonio normativo in ambienti processuali effettivamente coordinati.

La progettazione occupa una posizione centrale all'interno della ricerca, poiché è in questa fase che la digitalizzazione interviene in modo più diretto sulla struttura del processo decisionale. La sua introduzione modifica le modalità con cui le informazioni vengono raccolte, organizzate, interpretate e restituite in forma operativa, incidendo sulla costruzione del quadro conoscitivo, sulla formulazione delle ipotesi progettuali e sulla gestione del-

le relazioni tra dati, esigenze, vincoli e prestazioni. Entro questo passaggio si collocano anche i temi della partecipazione, dell'impiego di strumenti digitali e modelli linguistici, della costruzione dei dataset, della comunicazione del progetto e della ridefinizione del ruolo del progettista. La fase progettuale si configura così come il punto in cui convergono questioni tecniche, metodologiche e conoscitive, e in cui diventa possibile osservare con maggiore precisione gli effetti della digitalizzazione sulla trasformazione del processo edilizio.

Una parte importante di questa trasformazione riguarda la costruzione dei dati. Questionari, moduli digitali, interviste, raccolte di preferenze, sistemi di feedback e confronti visivi producono una base conoscitiva che può essere organizzata in dataset composti da variabili quantitative, categorie discrete, immagini, commenti aperti e contenuti descrittivi. La qualità di questa fase è decisiva, perché dalla sua struttura dipende la possibilità di trasformare contributi dispersi in informazioni leggibili, comparabili e riutilizzabili nel processo progettuale. I materiali già sviluppati nella tesi descrivono il dataset come infrastruttura informativa capace di rendere interrogabili abitudini, esigenze, comportamenti e preferenze degli utenti, così da costruire una base più solida per la definizione delle scelte progettuali. L'analisi dei dati viene trattata come parte costitutiva del progetto, in grado di orientare la lettura dei bisogni e di fornire supporto alla costruzione di scenari e raccomandazioni. L'impiego dei modelli linguistici si inserisce in questa infrastruttura informativa come componente del processo analitico. La loro presenza nella tesi non è ricondotta a un uso genericamente innovativo dell'intelligenza artificiale, ma a una funzione specifica dentro il processo di analisi: lettura semantica delle risposte aperte, raggruppamento tematico, confronto tra cluster di utenti, sintesi di contenuti estesi, produzione di output utili alla restituzione progettuale e alla costruzione di pattern interpretativi[6]. Nei capitoli dedicati a questo tema, i modelli LLM vengono associati alla possibilità di trattare grandi quantità di

contenuto testuale e di costruire una mediazione tra dati grezzi, interpretazione e supporto alle decisioni. Il loro impiego, così impostato, entra direttamente nella logica della tesi: rafforzare la capacità del processo di organizzare conoscenze diffuse e di restituirle in forma operativa.
La comunicazione del progetto rappresenta un passaggio decisivo all'interno della ricerca, perché incide direttamente sul modo in cui le informazioni progettuali vengono rese comprensibili, condivisibili e verificabili. Nel processo edilizio, il progetto non viene trasmesso come contenuto neutro o invariabile: ogni forma di rappresentazione costruisce una specifica modalità di accesso allo spazio, ai suoi rapporti interni, alle sue prestazioni e ai suoi possibili usi. Piante, sezioni, assonometrie, modelli tridimensionali, render, simulazioni immersive e ambienti interattivi rendono visibili aspetti diversi del medesimo organismo architettonico e, per questa ragione, orientano in modo diverso anche il confronto tra i soggetti coinvolti.
Il tema riguarda quindi la capacità dei dispositivi comunicativi di tradurre il progetto in forme leggibili rispetto a interlocutori, competenze e finalità differenti. Un elaborato tecnico consente di controllare misure, relazioni geometriche, stratigrafie e vincoli costruttivi; una simulazione o un ambiente navigabile permettono invece di anticipare la percezione dello spazio, di valutare sequenze d'uso, di osservare interferenze, accessibilità, condizioni ambientali e margini di adattamento. La comunicazione del progetto interessa, in questo senso, la qualità stessa del processo decisionale, perché condiziona il modo in cui problemi, alternative e possibilità vengono riconosciuti, discussi e messi a confronto.

All'interno di una ricerca che affronta la digitalizzazione del processo edilizio, questo passaggio acquista un peso ancora maggiore. L'introduzione di strumenti digitali modifica infatti sia i contenuti che possono essere rappresentati, sia le modalità con cui tali contenuti vengono esplorati, aggiornati e condivisi. La comunicazione cessa così di coincidere con la semplice restituzione

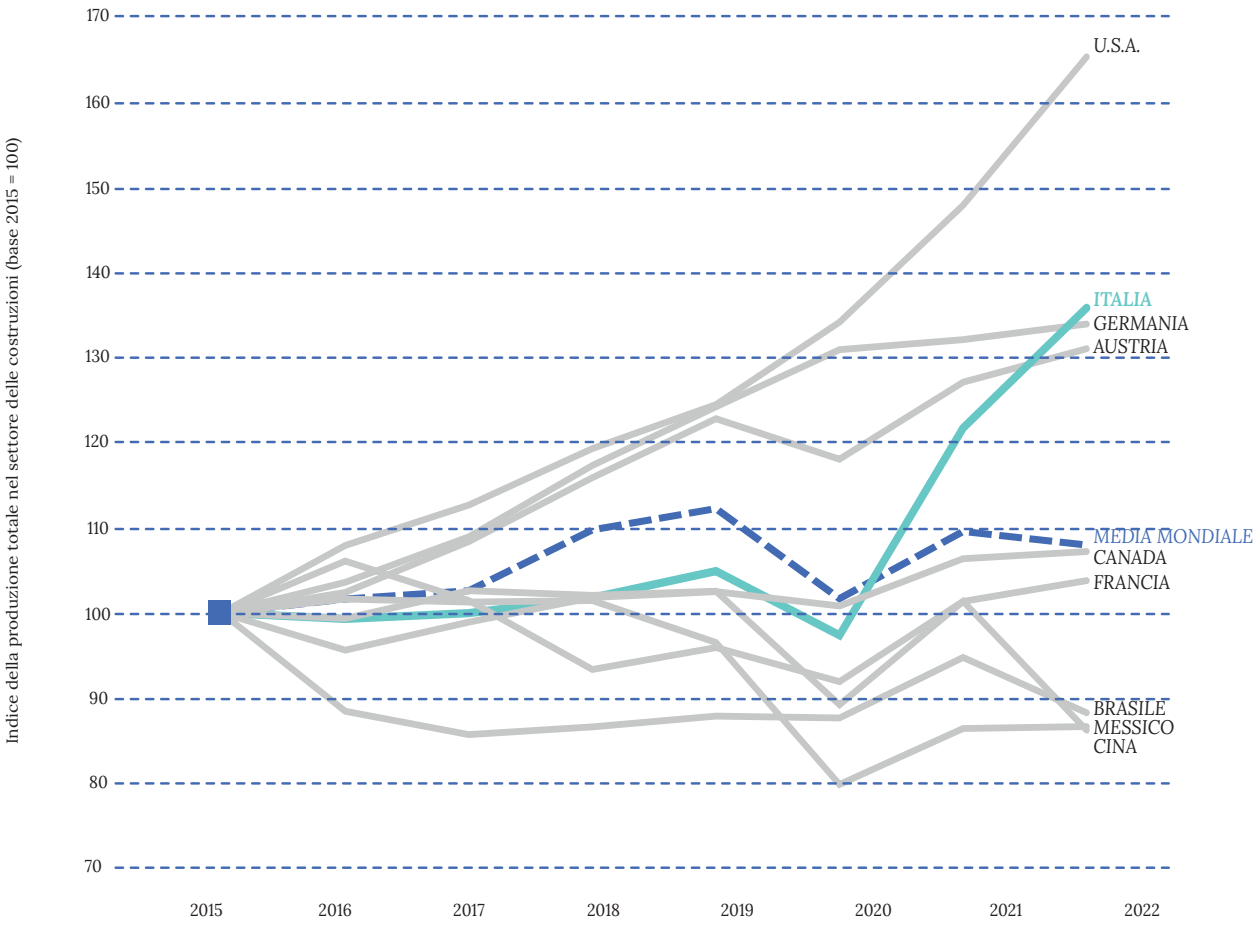
finale di un'idea già definita e diventa una componente operativa del processo, capace di accompagnare la costruzione del progetto, di supportare il coordinamento tra attori diversi e di rendere più controllabile il rapporto tra previsione, verifica e trasformazione nel tempo.

La sezione dedicata alla comunicazione comprende attori, strumenti e limiti delle rappresentazioni, tecnologie immersive per la comunicazione del progetto architettonico e strumenti comunicativi per la progettazione. Questa scelta chiarisce che la comunicazione viene trattata come componente strutturale del processo, in stretta relazione con progettazione partecipata, analisi dei feedback e ambienti di esplorazione. La difficoltà di leggere elaborati bidimensionali da parte di utenti non tecnici, la parziale distanza tra rappresentazione convenzionale ed esperienza spaziale, il rischio di affidare la comprensione del progetto a codici specialistici poco accessibili, rendono i sistemi comunicativi un punto critico della trasformazione digitale. Gli strumenti immersivi entrano in questo quadro come estensione delle pratiche di rappresentazione e come dispositivi di verifica. Virtual tour, modelli navigabili, ambienti VR, sistemi AR e configurazioni ibride permettono di esplorare il progetto come spazio, sequenza, atmosfera e relazione tra elementi, avvicinando la rappresentazione all'esperienza e rendendo più leggibili configurazioni distributive, proporzioni, interferenze, qualità percettive e possibili modalità d'uso.
La comunicazione immersiva consente di anticipare forme di esperienza, di facilitare il confronto con utenti e committenti, di raccogliere osservazioni in tempi utili al progetto, di verificare aspetti che nei sistemi tradizionali restano astratti o affidati a un alto livello di competenza interpretativa. In tal modo, il sistema comunicativo entra a far parte dell'infrastruttura di conoscenza del progetto. La rappresentazione smette di coincidere con la sola restituzione finale e partecipa al processo di costruzione delle decisioni, in quanto la riorganizzazione del processo pro-

gettuale mette in relazione strumenti comunicativi, progettazione partecipata, raccolta dei dati, feedback e analisi dei dati.

La ricerca estende il campo anche alla produzione e alla costruzione, con l'obiettivo di mantenere una lettura realmente processuale dell'intera filiera. Le sezioni finali dell'indice introducono il paradigma produttivo, l'ottimizzazione delle fasi di produzione, la prototipazione, i sistemi just in time, il cantiere aumentato, il digital twin come strumento operativo, le tecnologie immersive per la costruzione e un caso applicativo sperimentale.
I sistemi digitali supportano la costruzione del progetto, organizza dati e scelte, si traduce in workflow produttivi, accompagna il montaggio e il controllo in cantiere, documenta il comportamento del sistema costruito e rafforza la continuità tra modello e opera.
Il quadro di riferimento dello studio si definisce quindi all'incrocio di più campi: il campo normativo, che descrive e regola la filiera; il campo progettuale, che organizza dati, decisioni e rappresentazioni; il campo comunicativo, che rende il progetto comprensibile, verificabile e discutibile; il campo produttivo e costruttivo, che traduce le informazioni in componenti, operazioni e ambienti di controllo; il campo gestionale e temporale, che estende il processo oltre la consegna dell'opera e rende centrali monitoraggio, adattamento e manutenzione. La tesi assume questi campi come parti interdipendenti di una stessa trasformazione. La digitalizzazione viene osservata, entro questo quadro, come infrastruttura capace di ricomporre i legami tra le fasi del processo edilizio e di rendere più leggibili le sue discontinuità ancora irrisolte.
L'interesse della ricerca riguarda il modo in cui modelli informativi, dati, sistemi di analisi, dispositivi comunicativi e ambienti operativi incidono sulla struttura del processo, sulla distribuzione delle responsabilità e sulla qualità delle decisioni. Il quadro introdotto in questo paragrafo definisce quindi il campo generale della tesi, entro il quale il digitale viene assunto come strumento di rilettura e riorganizzazione del processo edilizio in termini di coordinamento, continuità e verificabilità.

Andamento dell'indice di produzione delle attività di costruzione in alcuni Paesi OCSE



Fonte: Ocse report 2024

Il grafico mostra l'andamento dell'indice di produzione delle attività di costruzione in alcuni Paesi OCSE tra il 2015 e il 2022, assumendo il 2015 come anno base pari a 100. L'andamento evidenzia una crescita disomogenea del comparto, con forti differenze tra i contesti nazionali: alcuni Paesi, come Stati Uniti, Germania, Austria e Italia, registrano un incremento significativo della produzione, mentre altri, come Brasile, Messico e Cina, mostrano una dinamica più instabile o regressiva. Il dato conferma la rilevanza economica del settore delle costruzioni e la sua sensibilità rispetto alle condizioni macroeconomiche, alle politiche pubbliche e agli investimenti.

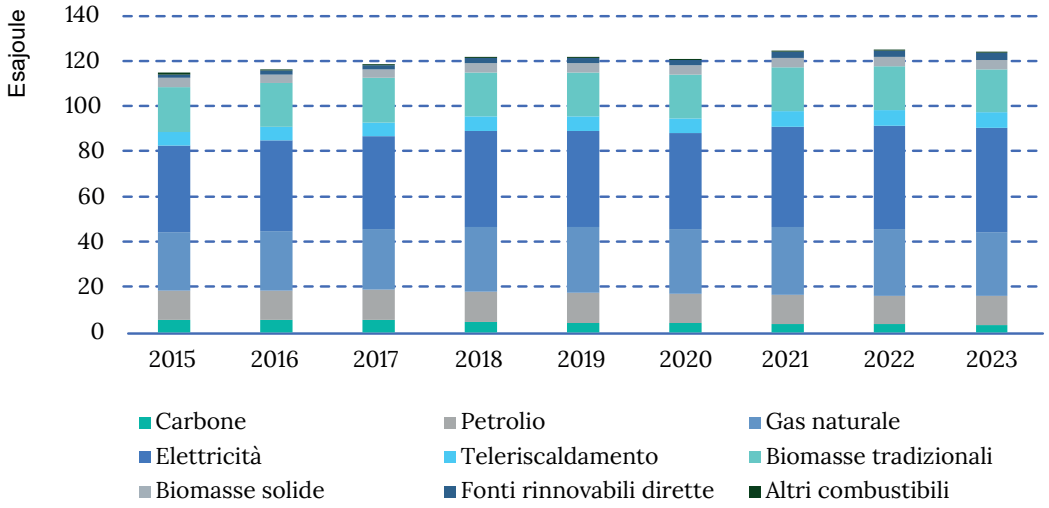


Fig. 1.5 – Consumo energetico degli edifici per fonte energetica nel periodo 2010–2023.
Fonte: elaborazione grafica dell'autore su dati International Energy Agency (IEA), 2024a.

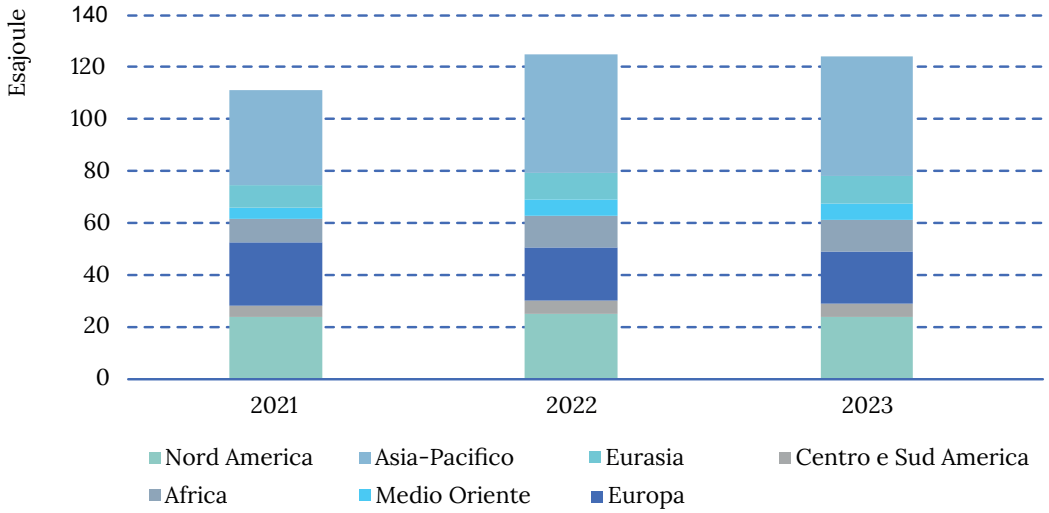


Fig. 1.6 – Consumo energetico degli edifici per area geografica nel periodo 2021–2023.
Fonte: elaborazione grafica dell'autore su dati International Energy Agency (IEA), 2024a.

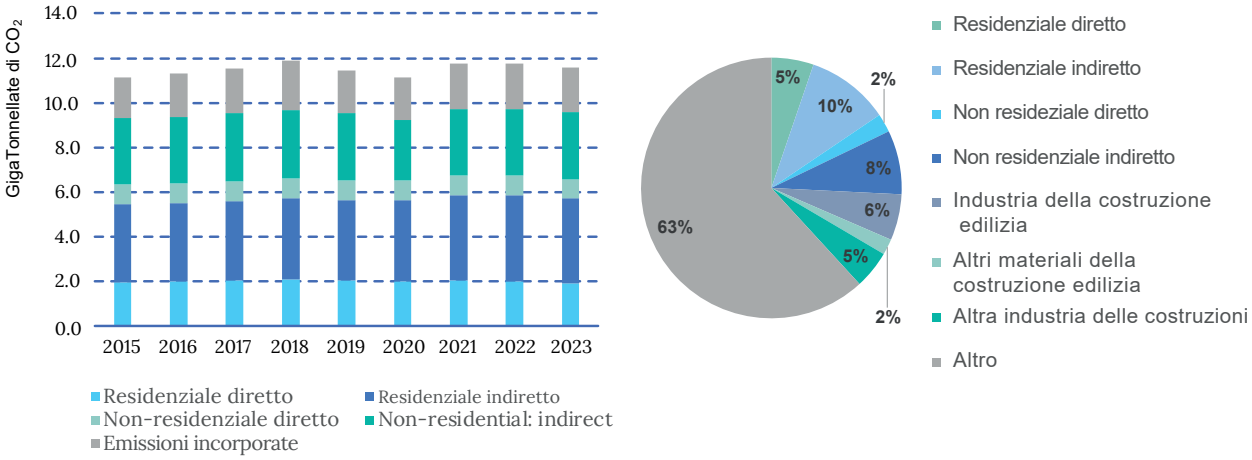


Fig. 1.7 – Emissioni di CO_2 del settore edilizio nel periodo 2015–2023 e incidenza del comparto sulle emissioni globali da energia e processi nel 2023.
Fonte: elaborazione grafica dell'autore su dati International Energy Agency (IEA), 2024a.

I grafici evidenziano il peso strutturale del settore edilizio sul piano energetico e climatico. Nel 2023 gli edifici hanno assorbito circa il 32% della domanda energetica globale e generato il 34% delle emissioni di CO_2, confermando la centralità del comparto nella transizione ecologica. Il consumo energetico complessivo resta elevato, con una leggera riduzione rispetto all'anno precedente dovuta soprattutto a condizioni climatiche più miti, più che a un miglioramento sostanziale dell'efficienza del patrimonio costruito. La composizione dei consumi mostra una diminuzione dell'uso dei combustibili fossili, in particolare del gas naturale, e una crescita continua dell'elettricità, sempre più legata alla diffusione di apparecchiature e sistemi di raffrescamento. La lettura geografica del fenomeno mette inoltre in evidenza forti differenze regionali: nelle economie avanzate la domanda tende a stabilizzarsi, mentre nei mercati emergenti continua a crescere, trainata da urbanizzazione, incremento della popolazione e aumento dei redditi. In questo quadro, la diffusione delle fonti rinnovabili e dei sistemi a basse emissioni risulta ancora insufficiente rispetto agli obiettivi climatici internazionali, rendendo necessario un rafforzamento congiunto di efficienza, decarbonizzazione e innovazione del processo edilizio.

1.2 PROSPETTIVE DELLA RICERCA

La crescente diffusione degli strumenti digitali nel settore delle costruzioni non ha ancora prodotto una trasformazione omogenea del processo edilizio. La disponibilità di modelli informativi, piattaforme collaborative, sistemi di simulazione, ambienti immersivi, dispositivi di tracciamento e strumenti di intelligenza artificiale ha ampliato le possibilità di raccolta, organizzazione, trasmissione e verifica delle informazioni. Questa evoluzione tecnica convive con una struttura del processo che continua a presentare frammentazioni, discontinuità e rigidità, sia sul piano operativo sia su quello normativo. Il problema che emerge riguarda la difficoltà di integrarli entro una logica processuale coerente, capace di mettere in relazione progettazione, produzione, costruzione, gestione e controllo nel tempo.

Una prima criticità riguarda la permanenza di assetti lineari e compartimentati. Il processo edilizio viene interpretato come successione di fasi separate, affidate a soggetti diversi, con documentazioni che si accumulano senza sempre costruire una reale continuità informativa. La qualità dei dati raccolti in una fase non garantisce automaticamente la loro utilità nelle fasi successive. Le informazioni prodotte in sede normativa, progettuale o esecutiva tendono a circolare entro sistemi parziali, con passaggi che richiedono continue traduzioni, aggiornamenti manuali, verifiche ridondanti e riallineamenti tra rappresentazione e realtà operativa. La digitalizzazione entra dunque in un processo già strutturato, ma non sempre riesce a modificarne in profondità la logica di funzionamento.

Una seconda criticità riguarda il rapporto tra innovazione e regolazione. Nel contesto italiano, l'introduzione degli strumenti digitali si confronta con un sistema normativo stratificato, costruito nel tempo attraverso norme tecniche, dispositivi amministrativi, procedure autorizzative, control-

li, ruoli e responsabilità distribuiti tra livelli diversi. Questa struttura ha garantito una forte capacità di regolazione, ma ha anche consolidato modelli basati sull'adempimento, sulla separazione delle competenze e su una prevalenza del controllo documentale rispetto alla continuità del processo. La difficoltà riguarda la possibilità di riconfigurare l'impianto complessivo della filiera in modo da rendere effettivamente operativi ambienti informativi condivisi, sistemi di verifica dinamici e forme più avanzate di coordinamento tra attori.
Il progetto contemporaneo si misura con una quantità crescente di dati, vincoli, simulazioni, requisiti prestazionali, informazioni normative, esigenze d'uso e contenuti comunicativi. La disponibilità di informazioni richiede quindi strumenti capaci di interpretarle e di tradurle in decisioni progettuali pertinenti. Il problema riguarda perciò le modalità con cui questi contenuti vengono organizzati, selezionati, resi leggibili e restituiti in forma operativa. Nei contesti partecipativi, questa esigenza diventa ancora più evidente, perché preferenze, abitudini, osservazioni e feedback provenienti da soggetti diversi richiedono forme di organizzazione che li rendano confrontabili, leggibili e utilizzabili all'interno del processo progettuale, conservando il legame con le pratiche reali d'uso. Per questa ragione, la costruzione del dataset, l'impiego di modelli linguistici e la definizione di strumenti capaci di leggere e restituire le evidenze raccolte costituiscono una parte sostanziale del problema di ricerca.
Un ulteriore nodo riguarda la comunicazione del progetto. La rappresentazione resta uno dei principali strumenti di mediazione tra tecnici, committenti, utenti e operatori della filiera. La trasmissione di contenuti complessi attraverso codici specialistici, la distanza tra rappresentazione bidimensionale ed esperienza spaziale, la leggibilità limitata di alcuni elaborati per i soggetti privi di competenze tecniche e l'esigenza di verificare in modo più diretto gli effetti delle scelte progettuali fanno della comunicazione un ambito cruciale della trasformazione digitale. In questo contesto, gli strumenti immersivi e interattivi acquistano importanza

per la loro capacità di entrare nel processo come dispositivi di verifica, confronto e costruzione condivisa delle decisioni, oltre che per la qualità della restituzione visiva.

Il passaggio verso produzione, costruzione e gestione porta la ricerca su un terreno nel quale la digitalizzazione mette alla prova la continuità del processo edilizio. Queste fasi vengono ancora spesso affrontate secondo una scansione separata, mentre il quadro contemporaneo richiede connessioni più strette tra informazione, componente, esecuzione, controllo e aggiornamento nel tempo. La fabbricazione digitale, la prototipazione, i sistemi just in time, il cantiere aumentato, i modelli digital twin e gli ambienti immersivi per l'assemblaggio e il controllo mostrano con chiarezza che la trasformazione digitale incide direttamente anche sulle dimensioni operative del processo. La loro efficacia dipende dalla capacità di costruire relazioni stabili tra modello, componente, sequenza esecutiva, monitoraggio e aggiornamento dei dati. Il tema riguarda quindi il livello di integrazione raggiunto da questi strumenti all'interno della struttura processuale e la loro effettiva capacità di sostenere una continuità informativa tra le diverse fasi.
A partire da queste criticità, la ricerca individua una prospettiva precisa. La digitalizzazione viene assunta come occasione per riconsiderare la forma del processo edilizio. La prospettiva della tesi consiste nell'osservare in che modo ambienti informativi, sistemi di analisi, dispositivi comunicativi e strumenti operativi possano contribuire a ricomporre i passaggi tra le fasi, a rafforzare la continuità tra dati e decisioni, a rendere il progetto più leggibile rispetto ai soggetti coinvolti e a costruire una base più solida per il controllo dell'opera nel tempo.

Questa prospettiva impone di riconsiderare il piano sul quale viene valutata l'innovazione. L'interesse della ricerca riguarda la capacità dei singoli strumenti di operare come parti di una struttura più ampia, nella quale dati, procedure,

modelli e attori risultano tra loro connessi. BIM, intelligenza artificiale, dataset, ambienti immersivi, digital twin e sistemi di costruzione aumentata vengono quindi esaminati come componenti di una trasformazione che investe il processo edilizio nel suo insieme. Il tema, di conseguenza, riguarda la possibilità di leggere l'innovazione oltre la dimensione episodica e di ricondurla a un quadro capace di mettere in relazione norma, progetto, produzione, costruzione e gestione entro una struttura continua, verificabile e adattabile.

Su questo terreno prende forma il problema centrale della tesi: comprendere in quale misura la digitalizzazione possa contribuire alla riorganizzazione del processo edilizio, rendendo più leggibili le relazioni interne tra le sue parti e rafforzando la capacità di integrare dati, soggetti, procedure di verifica e trasformazioni nel tempo. Da questa domanda derivano le principali direttrici della ricerca. Una riguarda la lettura critica del quadro esistente, con attenzione ai suoi limiti normativi, procedurali e metodologici. L'altra riguarda la definizione di un'ipotesi evolutiva fondata sull'impiego degli strumenti digitali come supporto alla riconfigurazione del processo, alla riorganizzazione delle informazioni e alla costruzione di modelli progettuali, comunicativi e operativi maggiormente coerenti con la complessità contemporanea.

1.3 OBIETTIVI DI RICERCA

La ricerca assume come obiettivo generale l'analisi della digitalizzazione del processo edilizio come fenomeno capace di incidere sulla struttura complessiva della filiera, sulle relazioni tra le sue fasi e sulle modalità con cui informazioni, decisioni e verifiche vengono organizzate nel tempo. L'interesse dello studio riguarda quindi il modo in cui strumenti, ambienti informativi e dispositivi digitali possono contribuire a una rilettura critica del processo edilizio e, al tempo stesso, alla definizione di modelli più coordinati, leggibili e adattabili rispetto alla complessità contemporanea.

A partire da questo obiettivo generale, la tesi persegue alcuni obiettivi specifici.

- Obiettivo 1: esaminare il quadro normativo e procedurale entro cui il processo edilizio si sviluppa, mettendone in evidenza le principali rigidità, discontinuità e difficoltà di aggiornamento rispetto alla trasformazione digitale.
- Obiettivo 2 : comprendere il ruolo assunto dalla digitalizzazione nella fase progettuale, con particolare attenzione ai temi della partecipazione, dell'organizzazione dei dati, dell'impiego di sistemi di intelligenza artificiale, della comunicazione del progetto e della ridefinizione del ruolo del progettista.
- Obiettivo 3: estendere l'analisi alle fasi di produzione e costruzione, così da verificare in che modo fabbricazione digitale, ambienti immersivi, digital twin e sistemi aumentati possano rafforzare la continuità informativa e operativa del processo.
- Obiettivo 4: Costruire, a partire dall'analisi critica del quadro esistente, una proposta interpretativa capace di leggere il digitale come infrastruttura di riconfigurazione del processo edilizio.

Su questa base, la ricerca si articola attorno ad alcune domande principali:

- **Domanda di Ricerca 1**: in che modo l'introduzione degli strumenti digitali modifica l'organizzazione del processo edilizio, le relazioni tra le sue fasi e le procedure attraverso cui esse vengono controllate e verificate?
- **Domanda di Ricerca 2**: quali limiti del quadro normativo e procedurale italiano incidono sull'integrazione degli strumenti digitali nel processo edilizio e quali direzioni di aggiornamento assumono maggiore rilevanza?
- **Domanda di Ricerca 3**: in che modo dati, modelli informativi, sistemi di intelligenza artificiale e dispositivi comunicativi possono contribuire alla formulazione di decisioni progettuali più consapevoli, verificabili e coerenti con i bisogni espressi dagli utenti?
- **Domanda di Ricerca 4**: in che misura le fasi di produzione, costruzione e gestione possono essere ricondotte a una struttura informativa integrata, capace di connettere in modo coerente modello, componente, esecuzione e monitoraggio nel tempo?
- **Domanda di Ricerca 5**: quale significato assume la digitalizzazione nel processo edilizio: aggiornamento strumentale delle pratiche esistenti oppure condizione per una più ampia riorganizzazione del processo, dei soggetti coinvolti e delle forme di controllo che lo regolano?

L'insieme di questi obiettivi e di queste domande definisce il campo operativo della tesi e ne orienta lo sviluppo.
La ricerca si propone di verificare in che modo queste tecnologie possano essere comprese entro una logica sistemica, capace di mettere in relazione norme, dati, progetto, costruzione, gestione e trasformazione nel tempo. In questa prospettiva, gli obiettivi e le domande della ricerca non costituiscono una premessa formale, ma la struttura di riferimento che organizza l'intero percorso della tesi.

1.4 ITER DELLA RICERCA E IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

La ricerca si sviluppa attraverso un percorso costruito per mettere in relazione quadro teorico, lettura normativa, analisi del processo progettuale e verifica del ruolo assunto dagli strumenti digitali nelle diverse fasi del processo edilizio. La tesi si fonda su un campo di indagine unitario, entro il quale la digitalizzazione viene osservata come fattore capace di incidere sulla forma del processo, sulla struttura delle informazioni, sulle modalità di coordinamento tra i soggetti coinvolti e sui criteri attraverso cui progetto, produzione, costruzione e gestione entrano in relazione. L'iter della ricerca assume quindi la forma di una sequenza di passaggi connessi, ciascuno dei quali contribuisce a chiarire una parte del problema generale.

La definizione dell'impostazione metodologica ha richiesto, in primo luogo, la costruzione di un quadro di riferimento capace di collocare la digitalizzazione entro una lettura complessiva del processo edilizio. A questo scopo è stata esaminata la letteratura scientifica e tecnica dedicata al processo edilizio, alla digitalizzazione delle costruzioni, alla progettazione, ai sistemi informativi, alla comunicazione del progetto e agli strumenti impiegati nella produzione e nella costruzione. La ricognizione bibliografica ha consentito di definire il lessico teorico della ricerca, di individuare le principali linee di evoluzione del dibattito e di mettere in evidenza i punti nei quali la trasformazione digitale entra in rapporto con la struttura della filiera edilizia.
Su questa base si sviluppa l'analisi normativa, assunta come passaggio necessario per osservare la digitalizzazione entro una struttura già fortemente codificata. La tesi individua nel quadro italiano il principale campo di osservazione e ne ricostruisce la formazione, la struttura interna, le rigidità

più evidenti e le difficoltà di aggiornamento rispetto ai cambiamenti introdotti dagli ambienti digitali. Questa lettura si sviluppa attraverso l'analisi storica e critica della normativa che regola il processo edilizio e attraverso il confronto con altri contesti europei, utile a far emergere differenze di approccio, margini di evoluzione e diverse forme di integrazione tra regolazione, prestazione e gestione informativa. Il valore metodologico di questo passaggio risiede nella possibilità di valutare in quale misura l'assetto normativo favorisca o limiti la costruzione di processi più continui, coordinati e verificabili.

La progettazione costituisce, entro questo percorso, il campo in cui la digitalizzazione incide in modo più diretto sulla costruzione del sapere progettuale e sull'organizzazione delle decisioni. È in questa fase che si ridefiniscono le modalità di raccolta e trattamento delle informazioni, la formulazione delle ipotesi, il rapporto tra dati, vincoli e strumenti di verifica, insieme alle relazioni tra i soggetti coinvolti. Per questa ragione, il progetto viene analizzato come ambiente informativo e decisionale nel quale convergono modelli partecipativi, strumenti digitali, sistemi di rappresentazione, procedure di raccolta dei dati, dispositivi di analisi e modelli generativi. Ne deriva una lettura del progetto come struttura capace di raccogliere, ordinare, interpretare e restituire conoscenze provenienti da fonti differenti.

Una parte specifica del lavoro riguarda, in questo contesto, la costruzione e l'analisi dei dataset derivati da pratiche partecipative. Questionari, moduli digitali, raccolte di feedback, immagini e contenuti descrittivi vengono assunti come materiali da organizzare in un'infrastruttura informativa interrogabile, utile a rendere leggibili esigenze, abitudini, preferenze e ricorrenze. La metodologia adottata si fonda sulla costruzione di basi dati strutturate, sulla loro orga-

nizzazione in forme comparabili e sull'impiego di strumenti digitali per l'interpretazione delle evidenze raccolte. In tale passaggio si colloca anche l'uso dei modelli linguistici, impiegati come supporto al trattamento dei contenuti testuali, alla lettura semantica delle risposte aperte, alla costruzione di sintesi e alla restituzione di output utili alla definizione delle decisioni progettuali. Il nodo metodologico riguarda le modalità con cui i dati vengono selezionati, organizzati, interpretati e riportati entro il processo.
A questa linea di lavoro si collega il tema della comunicazione del progetto, assunto come parte integrante del metodo e non come semplice apparato di restituzione. Disegni, modelli tridimensionali, simulazioni, ambienti navigabili, sistemi VR e AR, virtual tour e dispositivi immersivi incidono direttamente sulla costruzione della decisione, sulla leggibilità del progetto e sulla possibilità di verificare anticipatamente alcune sue qualità spaziali, percettive e d'uso. La rappresentazione viene quindi studiata come dispositivo capace di modificare il rapporto tra progetto e soggetti coinvolti, di ampliare il campo della verifica e di rafforzare il confronto tra prefigurazione, comprensione e feedback. Il loro valore metodologico risiede nella capacità di rendere il progetto più accessibile, più discutibile e più controllabile nelle fasi ancora aperte alla trasformazione.

L'iter della ricerca si estende anche alle fasi di produzione e costruzione. Questo passaggio consente di verificare in quale misura la digitalizzazione riesca a sostenere una continuità effettiva tra modello, componente, fabbricazione, montaggio, controllo e aggiornamento delle informazioni nel tempo. La fabbricazione digitale, la prototipazione, i sistemi just in time, il cantiere aumentato, i digital twin e i casi sperimentali vengono assunti come campi di osservazione nei quali la trasformazione digitale entra in rapporto diretto con le condizioni operative della filiera. Sul pia-

no metodologico, questa parte del lavoro estende la scala dell'analisi: dalla lettura teorica e normativa del processo si passa all'osservazione del comportamento degli strumenti nelle fasi esecutive, così da verificare la tenuta della continuità informativa anche nelle dinamiche della produzione e della costruzione.
Nel loro insieme, questi passaggi definiscono una metodologia composita, fondata sull'integrazione di approcci differenti: analisi teorico-critica, lettura normativa, confronto comparativo, studio del processo progettuale, organizzazione dei dati, esame dei dispositivi comunicativi e osservazione di casi applicativi. Il valore di questa impostazione risiede nella possibilità di affrontare la digitalizzazione come questione trasversale, capace di attraversare più scale del processo edilizio e di richiedere, un metodo in grado di tenere insieme regole, strumenti, modelli, soggetti e pratiche operative. La ricerca si struttura dunque secondo una logica progressiva di messa in relazione: dalla definizione del quadro teorico e normativo passa all'analisi del progetto come infrastruttura informativa, estende l'attenzione alla costruzione dei dati e ai sistemi comunicativi, verifica il ruolo della digitalizzazione nelle fasi produttive e costruttive e costruisce infine una lettura unitaria del processo edilizio come struttura suscettibile di riconfigurazione.

L'impostazione metodologica coincide con la logica che tiene insieme l'intero percorso della tesi e consente di leggere ciascuna parte del lavoro come contributo alla comprensione di un medesimo problema: la possibilità di interpretare la digitalizzazione come fattore di riorganizzazione del processo edilizio. L'iter della ricerca assume una forma progressiva e coerente, nella quale l'analisi del quadro esistente, l'approfondimento dei suoi limiti e l'osservazione delle possibilità offerte dagli strumenti digitali confluiscono nella costruzione di una proposta interpretativa più ampia.

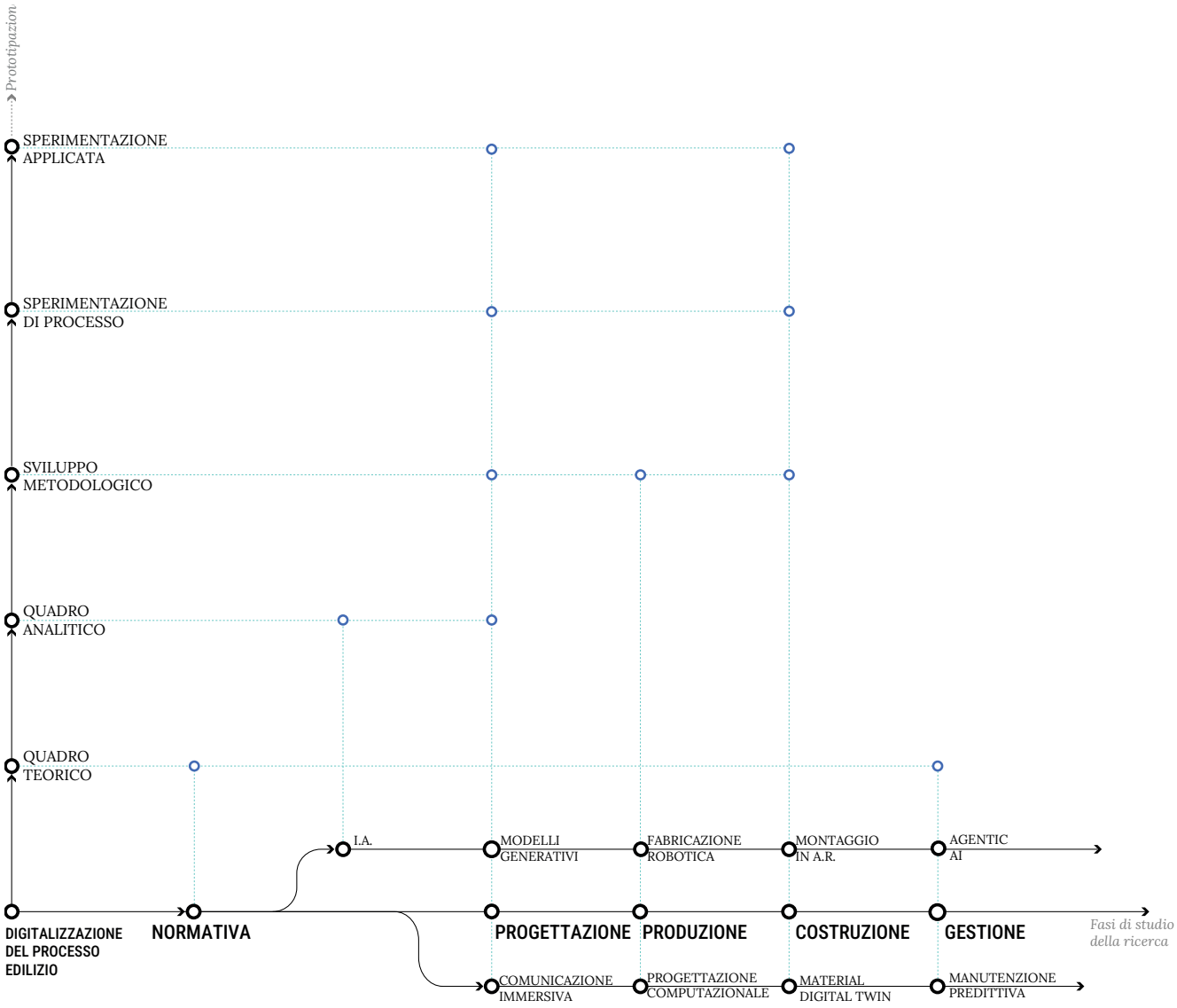


Fig. 1.8 – Quadro di sviluppo della ricerca e delle principali fasi metodologiche della tesi.

Entro questa impostazione, la struttura della tesi traduce sul piano redazionale e argomentativo il percorso metodologico fin qui descritto, organizzando i diversi nuclei della ricerca secondo una progressione coerente con gli obiettivi, i campi di osservazione e i dispositivi sperimentali assunti nel lavoro.

La tesi si articola in più parti, costruite per accompagnare progressivamente il lettore dalla definizione del quadro generale alla formulazione di una lettura integrata del processo edilizio alla luce della trasformazione digitale. La sua struttura riflette l'impostazione metodologica descritta nel paragrafo precedente e organizza il lavoro come sequenza di nuclei tra loro connessi, ciascuno dei quali affronta un aspetto specifico del problema di ricerca e contribuisce alla costruzione dell'ipotesi interpretativa complessiva. L'outline della tesi segue pertanto una progressione chiara: definizione del campo, analisi critica del quadro normativo e procedurale, approfondimento del progetto come ambiente informativo e decisionale, estensione della ricerca alle fasi produttive e costruttive, ricomposizione finale entro una prospettiva unitaria.

La prima parte svolge una funzione introduttiva e fondativa. In essa vengono definiti il quadro di riferimento dello studio, il problema di ricerca, gli obiettivi, le domande che orientano l'indagine e l'impostazione metodologica complessiva. Questa sezione stabilisce il lessico teorico della tesi e ne chiarisce il campo di osservazione, precisando il modo in cui la digitalizzazione viene assunta all'interno della ricerca: come fattore capace di incidere sulla forma del processo edilizio, sulla struttura delle informazioni e sul rapporto tra le diverse fasi della filiera.

La seconda parte è dedicata alla normativa e al processo edilizio. In questa sezione la ricerca ricostruisce l'evoluzione del quadro normativo italiano, ne analizza le principali rigidità, lo confronta con altri contesti europei e mette in evidenza le criticità che ancora caratterizzano l'organizzazione del processo. La funzione di questa parte consiste nel chiarire il terreno regolativo sul quale la trasformazione digitale interviene e nel valutare in quale misura l'assetto normativo attuale favorisca o limiti la costruzione di processi più integrati, continui e verificabili. Il lavoro svolto in questa sezione comprende quindi una lettura storica e critica della normativa, la ricomposizione dei suoi principali nodi problematici e una riflessione sulle possibilità di aggiornamento del sistema alla luce della trasformazione digitale.

La terza parte affronta la fase della progettazione e costituisce il nucleo più esteso della tesi. In questa sezione il progetto viene assunto come campo privilegiato per osservare la trasformazione digitale, poiché è qui che si ridefiniscono le modalità di raccolta, organizzazione, interpretazione e restituzione delle informazioni. La parte approfondisce gli strumenti e gli approcci alla progettazione, il rapporto tra modelli partecipativi e strumenti digitali, il ruolo dell'intelligenza artificiale, l'organizzazione del processo progettuale come infrastruttura di conoscenza, la costruzione dei dataset, l'impiego dei modelli linguistici, i sistemi generativi, la comunicazione del progetto e il nuovo ruolo del progettista. A questa elaborazione teorica e metodologica si affianca lo sviluppo di dispositivi operativi specifici, tra cui un software con supporto LLM per l'analisi dei dati raccolti dagli utenti, strumenti per la strutturazione e l'interpretazione dei dataset, piattaforme di restituzione mediante virtual tour e ambienti immersivi, oltre a sistemi di generazione e verifica dei modelli progettuali. Tali dispositivi vengono sperimentati su un insieme ampio di casi studio reali, sviluppati nell'arco di

due anni e riferiti a contesti differenti - residenziale, ristrutturazione, lavori pubblici, locali commerciali e interventi di arredo urbano - così da verificare la tenuta del modello in condizioni applicative eterogenee. Questa parte assume quindi un ruolo centrale, poiché mostra in che modo la digitalizzazione incida sulla costruzione delle decisioni, sulla mediazione con gli utenti e sulla ridefinizione del progetto come ambiente informativo.

La quarta parte si concentra sulla produzione. Qui l'attenzione si sposta dalla costruzione del progetto alla sua traduzione in componente, processo produttivo e organizzazione della fabbricazione. Il tema viene affrontato attraverso l'analisi del paradigma produttivo, dell'ottimizzazione delle fasi di produzione, della prototipazione e dei sistemi just in time. La funzione di questa sezione consiste nel verificare se la continuità informativa costruita in fase progettuale riesca a mantenersi nel passaggio alla produzione e nell'osservare in che modo gli strumenti digitali incidano sui workflow, sulla precisione del componente, sulla gestione delle sequenze e sul rapporto tra modello e realizzazione materiale. In questa parte la ricerca prende in esame anche esperienze sperimentali legate alla fabbricazione digitale e alla prototipazione, con l'obiettivo di osservare il comportamento dei modelli informativi nel momento in cui vengono tradotti in logiche produttive e costruttive.

La quinta parte è dedicata alla costruzione. In questa sezione vengono analizzati i sistemi aumentati di cantiere, il digital twin come strumento operativo, le tecnologie immersive per la costruzione e i casi sperimentali assunti come campo di verifica. L'attenzione si concentra sul rapporto tra modello, assemblaggio, controllo operativo e aggiornamento delle informazioni, mettendo in evidenza il ruolo che la digitalizzazione può assumere nelle fasi esecutive e nella co-

struzione di ambienti di lavoro più coordinati e informati. In questo quadro trova collocazione anche il caso **RE-Bridge**, sviluppato nell'ambito delle attività di ricerca svolte presso la **University of Southern Denmark**, dove la sperimentazione ha consentito di verificare in forma avanzata il rapporto tra modello digitale, componente, assemblaggio, logiche di cantierizzazione aumentata e continuità informativa lungo il processo costruttivo. Questa parte della tesi assume quindi un valore particolare, perché porta la ricerca dentro un contesto operativo reale e consente di osservare la trasformazione digitale nel momento in cui entra in contatto diretto con la costruzione, con la fabbricazione e con il controllo del montaggio.

Le parti finali della tesi hanno funzione di ricomposizione e sintesi. I risultati prodotti nei diversi ambiti - normativo, progettuale, comunicativo, produttivo e costruttivo- vengono ricondotti entro una lettura unitaria della digitalizzazione del processo edilizio. Questo passaggio conclusivo chiarisce che il contributo della ricerca non riguarda la descrizione separata di tecnologie o strumenti, ma la costruzione di una prospettiva capace di mettere in relazione norme, dati, progetto, produzione, costruzione e gestione entro una struttura più continua, leggibile e verificabile. L'outline della tesi riflette dunque una progressione precisa: dalla lettura del quadro esistente all'analisi dei suoi limiti, dall'osservazione delle trasformazioni introdotte dagli strumenti digitali fino alla formulazione di una proposta interpretativa più ampia, capace di rileggere il processo edilizio come sistema suscettibile di riconfigurazione.

STUDI PRELIMINARI

ATTIVITA' SVOLTE

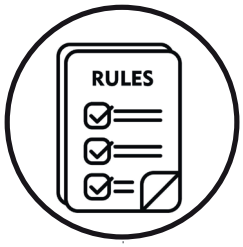
NORMATIVE E REGOLE

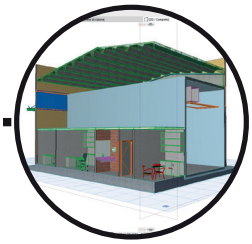
ATTIVITA' DI RICERCA

PROGETTAZIONE

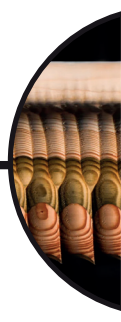
PRO

CASI SPERIMENTALI









INTELLIGENZA ARTIFICIALE

MICS

Micsathlon 2025: 1° Classificato

Prototipazione software analisi dati (LLM based)

Modelli Generativi

VISUALIZZAZIONE



Test Mix Reality in progetti pilota



Sistemi immersivi in VR

Sistemi immersivi in MR

SISTEMI DIGITALI

PIM³ – PARTICIPATORY INDUSTRIAL MODEL FOR MAPPING, MAKING AND MAINTENANCE.

Prototipazione software per la visualizzazione su dispositivi mobili (Virtual Tour)

PRO
COM

TECNOLOGIE INDUSTRIALI



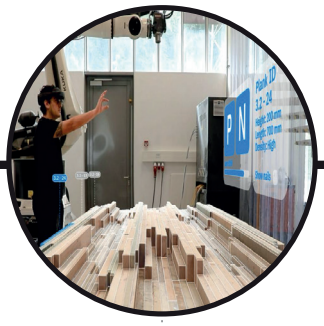
FA

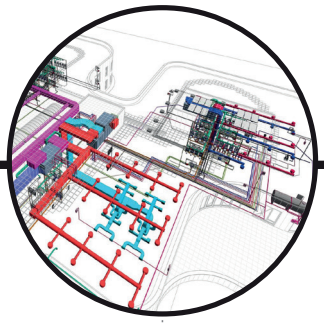
ODUZIONE

COSTRUZIONE

GESTIONE







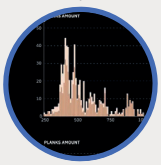
AGENTIC AI



SISTEMI DI MONTAGGIO
DI IMMERSIVO IN MR



OGETTAZIONE
IPUTAZIONALE



MATERIAL
DIGITAL TWIN

DIGITAL
TWIN



BBRICAZIONE
ROBOTICA

SENSORISTICA
AVANZATA

IOT

2 | PARTE SECONDA
NORMATIVA E PROCESSO EDILIZIO

2.0 EVOLUZIONE STORICA DELLA NORMATIVA ITALIANA

Ripercorrere l'evoluzione normativa italiana consente di interrogarsi su come ogni dispositivo regolativo sia nato per rispondere a urgenze storiche contingenti e come, nel tempo, queste risposte si siano sedimentate in un sistema progressivamente più stratificato, complesso e incapace di risolvere le contraddizioni che esso stesso ha generato. La regolazione edilizia si è sviluppata nel punto di attrito tra la necessità di garantire la salubrità e l'ordine pubblico, l'aspirazione alla modernizzazione produttiva e la difficoltà di riconoscere la pluralità dei bisogni, la centralità dell'utente e la dimensione culturale e temporale dell'abitare. Le norme sono risposte parziali a problemi storici, sociali ed economici che hanno richiesto soluzioni rapide, spesso più rassicuranti che realmente efficaci[1]. Se la cultura costruttiva italiana è sempre stata segnata da un equilibrio instabile tra eredità artigianali e spinte industriali, la norma ha rappresentato il tentativo di trasformare le qualità del costruire in requisiti misurabili e, dunque, più facilmente governabili.

Tra Ottocento e primo Novecento, la regolamentazione edilizia fu essenzialmente una risposta a tre fattori: le epidemie che falcidiarono le città europee, la pressione migratoria interna e l'ideologia positivista che vedeva nell'ordinamento tecnico un dispositivo di progresso[2]. Fin dalle prime formulazioni, il linguaggio normativo mostrava una chiara vocazione igienista e di controllo, funzionale anche a un disegno di ordine sociale: l'igiene urbana come strumento di disciplina collettiva, la prescrizione geometrica come tentativo di razionalizzare la complessità spontanea della città. I regolamenti edilizi comunali italiani si innestarono sulla tradizio-

1 Gregotti, V. 2004
2 Zevi, B. 1978
3 Argan, G.C., 1977

ne napoleonica, che già alla fine del Settecento concepiva la città come una macchina geometrica da regolare attraverso allineamenti e distacchi obbligatori, e sulla cultura amministrativa austro-ungarica, che privilegiava un approccio minuzioso al controllo sanitario[3]. A partire dai primi Regolamenti Edilizi Ottocenteschi, come il Regolamento edilizio del Comune di Torino del 1886, si fissarono distanze minime, altezze dei fabbricati e requisiti di aerazione e illuminazione, riflettendo l'influenza del pensiero igienista europeo. Le epidemie di colera e tifo fecero emergere l'urgenza di codificare requisiti minimi: aerazione naturale, rapporti aeroilluminanti, proporzioni fra superfici finestrate e volumetrie interne. La prescrizione di distacchi minimi tra fabbricati, l'obbligo di rapporti aeroilluminanti, l'uniformità dei prospetti rispondevano così a un duplice scopo: migliorare la salubrità e, insieme, esercitare un controllo simbolico sullo spazio collettivo. Era la convinzione, nutrita di positivismo, che la salubrità potesse derivare da una corretta geometria degli spazi. Il Regio Decreto n.1265/1934, noto come Testo Unico delle Leggi Sanitarie, consolidò questo approccio prescrittivo, stabilendo controlli di salubrità e sicurezza[4]. Gregotti avrebbe parlato di un tentativo di neutralizzare la spontaneità urbana, di addomesticare l'imprevedibile[5]. Zevi lo definì <<un ordine geometrico che pretendeva di risolvere la complessità relazionale dell'abitare con la freddezza delle percentuali>>[6].[1]

Questa logica prescrittiva, alimentata dall'idea che la norma potesse sostituire la cultura progettuale, proseguì senza sostanziali discontinuità sino alla Legge Urbanistica 17

4 De Carlo, G. 2013
5 Benevolo, L. 1993
6 Maldonado, T. 1971
7 Docci, M. 2017
8 Venturi, R
9 Chaillou, S. 2021
10 Attenni, M., Rossi, R. 2022

agosto 1942, n.1150, considerata il momento di svolta più emblematico. Quel testo normativo, elaborato in un clima politico di controllo autoritario del territorio, rappresentò il primo tentativo di ordinare su scala nazionale la pianificazione attraverso il Piano Regolatore Generale. È significativo che questa legge, concepita come atto di sintesi codificatoria, cristallizzasse l'idea di una modernizzazione imposta dall'alto[7]. La zonizzazione si affermò come strumento principe della pianificazione, veicolando un modello culturale che riduceva lo spazio urbano a un'entità da razionalizzare, omogeneizzare, normalizzare. La logica gerarchica che ne derivava traduceva l'idea di un territorio ordinabile per comparti funzionali e misurabili, in cui la forma urbana diveniva l'esito di parametri quantitativi: cubature, indici di edificabilità, distanze; non più di un dialogo con la memoria e la varietà dei luoghi. Era l'ambizione di una pianificazione integrale che si tradusse in una semplificazione del rapporto tra architettura e contesto. Dietro l'apparente neutralità tecnica si profilava già una tensione: da un lato l'esigenza di rispondere al degrado edilizio e all'emergenza abitativa, dall'altro la difficoltà di riconoscere la pluralità dei bisogni e la complessità dei contesti[8]. Questa neutralità mascherava un modello culturale che riduceva il progetto a mera esecuzione di standard[9]. In quegli stessi anni, il linguaggio modernista alimentava un'ulteriore contraddizione: l'aspirazione alla qualità e alla dignità dell'abitare conviveva con una spinta alla standardizzazione produttiva che si sarebbe manifestata in tutta la sua forza nel secondo dopoguerra[10].

Il Piano INA-Casa (1949–1963), istituito con la Legge 28 febbraio 1949 n. 43, si configurò come un intervento pubblico coordinato nell'ambito della ricostruzione postbellica e come una delle prime esperienze di programmazione edilizia su scala nazionale. Fu concepito per affrontare l'emergenza abitativa attraverso un approccio industriale che

combinava economia di scala e razionalizzazione tipologica. Oltre 355.000 alloggi vennero realizzati secondo manuali che puntavano a garantire salubrità e standard minimi[11]. La spinta industriale e l'urgenza di edificare in tempi rapidi milioni di alloggi, imposero un linguaggio tipologico ripetitivo, riducendo spesso l'architettura a una sequenza seriale di elementi prefabbricati. Accanto al rischio di un'edilizia anonima e standardizzata, si fecero strada sperimentazioni che tentavano di restituire dignità e senso di luogo: la ricerca di un'identità locale, la cura della morfologia dei quartieri, la dimensione comunitaria degli spazi aperti, la partecipazione di progettisti di diversa provenienza culturale. De Carlo colse in questa tensione il segnale di un conflitto latente fra produzione di massa e significato architettonico[12], mentre Zevi parlò di un <<neorealismo dell'abitare>> che cercava di umanizzare la prefabbricazione[13] e, in quegli sforzi, intravide un riflesso di quella "tensione etica" che distingue l'architettura dal mero esercizio edilizio. Ma si trattò di episodi isolati, incapaci di orientare la cultura complessiva della filiera.

Negli anni Sessanta e Settanta, la crescita tumultuosa delle periferie e le pressioni speculative resero evidente l'insufficienza del modello pianificatorio del '42. La Legge Ponte (L.765/1967) estese l'obbligo di licenza edilizia all'intero territorio comunale, introducendo per la prima volta standard minimi di urbanizzazione primaria e secondaria[14]. Il D.M. 2 aprile 1968, n. 1444 fissò parametri vincolanti relativi a densità, distanze e dotazioni urbanistiche, con l'obiettivo di regolamentare i processi di espansione edilizia e introdurre criteri di maggiore controllo. La frammentazione dei livelli decisionali e la limitata capacità operativa degli enti locali contribuirono a generare un quadro caratterizzato da incertezza applicativa ed efficacia disomogenea[15].

In quegli stessi anni, eventi drammatici come il terremoto del Belice (1968) e del Friuli (1976) resero urgente un ripensamento radicale dei controlli tecnici. La Legge 5 novembre 1971, n.1086 introdusse l'obbligo di calcolo statico per le strutture in cemento armato e la figura del collaudatore statico, mentre la Legge 2 febbraio 1974, n.64 codificò per la prima volta la normativa antisismica su scala nazionale[16]. Questo passaggio segnò un cambio di paradigma: non bastava più rispettare indici e distanze, bisognava dimostrare la capacità prestazionale dell'edificio di fronte a eventi estremi. Proprio nel Friuli, dopo il sisma del 1976, si sperimentò una delle ricostruzioni più emblematiche: la Legge 8 agosto 1977, n.546 affidò poteri straordinari ai sindaci, inaugurando una gestione decentrata che favorì il coinvolgimento delle comunità locali. Era la dimostrazione che la norma, se contestualizzata, poteva diventare un dispositivo di partecipazione piuttosto che una gabbia[17]. Negli anni successivi la logica emergenziale e il formalismo tecnico prevalsero di nuovo, come dimostrarono le più lente e controverse ricostruzioni post-sisma in Irpinia (1980) e all'Aquila (2009).

La crisi energetica del 1973 segnò un altro passaggio cruciale. La Legge 30 aprile 1976, n.373 introdusse i primi requisiti obbligatori di isolamento termico, inaugurando un approccio prestazionale in cui l'edificio veniva concepito come un sistema energetico da monitorare e ottimizzare[18]. La Legge 9 gennaio 1991, n.10 consolidò questa visione, introducendo l'obbligo di calcolo del fabbisogno energetico e la zonizzazione climatica nazionale, e codificando criteri e metodi di stima delle dispersioni e dei consumi. Qui si inserì il primo impatto europeo: la Direttiva 2002/91/CE (EPBD) impose un quadro più stringente, recepito con il Dlgs 192/2005 e aggiornato nel Dlgs 311/2006. La Direttiva 2010/31/UE fissò l'obbligo di edifici a consumo quasi nullo (nZEB), mentre la più recente Direttiva Case Green (2024) ha sancito obiet-

tivi vincolanti di decarbonizzazione e riqualificazione del patrimonio edilizio[19].
Negli stessi anni si consolidò un ambito normativo dedicato all'accessibilità. La Legge 9 gennaio 1989, n. 13 e il D.M. 14 giugno 1989, n. 236 introdussero disposizioni finalizzate a garantire la fruibilità degli spazi come requisito regolativo. La partecipazione e il riconoscimento delle differenze vennero progressivamente assunti come componenti strutturali di una concezione dell'architettura orientata alla dimensione civile[20]. In fase applicativa, tali principi si tradussero prevalentemente in prescrizioni dimensionali e dispositivi tecnici, con una prevalenza dell'adempimento formale rispetto a una più ampia integrazione nel processo progettuale.
La crescente complessità del settore condusse alla progressiva codificazione di linguaggi comuni: la UNI 8290:1981 introdusse una sistematizzazione dei requisiti edilizi in chiave prestazionale; la UNI 10838:1999 definì il processo edilizio come articolazione coordinata di fasi[21]. Parte della riflessione critica evidenziò come l'adozione di un approccio globale alla qualità richiedesse competenze tecniche non ancora pienamente diffuse nella pratica professionale[22]. Venturi ammoniva che la semplificazione normativa rischia di alimentare un "riduzionismo linguistico" che impoverisce la complessità culturale del progetto[23].

Il Decreto Ministeriale 560/2017 ha introdotto l'obbligatorietà progressiva del BIM negli appalti pubblici. La UNI 11337:2017 e la UNI EN ISO 19650 hanno successivamente definito ruoli, responsabilità e modalità di gestione informativa[24]. In questo contesto, il BIM viene descritto come modello organizzativo del processo oltre che come strumento tecnologico[24]. L'applicazione operativa ha comportato un riassetto delle procedure e dei flussi documentali.

Il caso della ricostruzione dell'Aquila ha evidenziato criticità nell'integrazione tra strumenti digitali e assetti amministrativi[25].

Zevi definisce la norma come linguaggio, osservando che <<può diventare una lingua morta se non è capace di ascoltare la vita>>[26]. A partire da questa impostazione, la ricerca si orienta verso la definizione di un modello normativo in grado di integrare la dimensione regolativa con le dinamiche d'uso.

Oggi, il combinato disposto della Direttiva Case Green e delle normative digitali rende indispensabile un salto di paradigma: la costruzione di un sistema regolativo capace di riconoscere la centralità dell'utente, la dimensione temporale e la responsabilità etica della progettazione. È in questa prospettiva che si colloca il senso di questa ricerca: tentare di delineare un modello normativo alternativo che non sia soltanto un adattamento passivo alla spinta europea, ma un contributo critico alla definizione di un nuovo equilibrio tra qualità, sostenibilità e senso del luogo.

2.1 LIMITI DELLA NORMATIVA ITALIANA

L'analisi dei limiti della normativa edilizia italiana consente di esaminare come il sistema regolativo, pur avendo contribuito all'innalzamento degli standard di sicurezza, salubrità e accessibilità, presenti ancora elementi di criticità e discontinuità strutturale.

La stratificazione di norme, frutto di una produzione legislativa reattiva più che proattiva, ha generato un quadro complesso in cui obblighi e requisiti si sovrappongono senza una chiara gerarchia, alimentando incertezza interpretativa e frammentazione operativa[1].

La tendenza al normativismo incrementale ha prodotto un progressivo accumulo di disposizioni, incidendo sulla struttura complessiva del sistema regolativo[2]. Si è inoltre riscontrata la difficoltà di superare un approccio prescrittivo, centrato su parametri dimensionali e standard minimi, a favore di una impostazione prestazionale orientata alla valutazione dei risultati e delle esperienze d'uso[3].

La norma ha assunto la forma di una griglia quantitativa volta a ordinare la complessità del progetto, configurandolo come sequenza di adempimenti formali[4].

Questi limiti normativi producono effetti che si estendono oltre l'ambito procedurale, influenzando la qualità architettonica, la sostenibilità ambientale e la capacità degli edifici di rispondere nel tempo all'evoluzione delle esigenze d'uso. L'assenza di obblighi strutturati di monitoraggio delle performance reali e la scarsa cultura partecipativa contribuiscono a rendere la normativa una lingua morta, incapace di generare valore culturale e di orientare la trasformazione del costruito in una direzione eticamente e socialmente significativa[5].

In un'epoca in cui la sfida climatica, la transizione digitale e il diritto alla qualità dell'abitare assumono un peso crescente[6], continuare a ignorare queste criticità rischia di irriggidire una cultura edilizia arretrata e difensiva. L'obiettivo di questo capitolo è doppio: da un lato mettere in evidenza i fattori di contesto che hanno determinato l'attuale configurazione normativa; dall'altro mappare le principali aree di insufficienza tecnica e regolativa, per delineare un quadro critico che possa servire da base a ipotesi di innovazione e confronto internazionale.

1 Cfr. Benevolo, L. (1993).
2 Gregotti, V. (2004).
3 Zevi, B. (1978)..
4 Argan, G.C. (1977).
5 Venturi, R. (1966)
6 Ferlenga, A. (2023).

2.1.2 CONTESTO E CRITICITÀ

Analizzare i limiti normativi italiani senza indagarne i fattori che le hanno generate rischia di ridurre la complessità del fenomeno a un mero elenco di difetti. La frammentazione storica degli ordinamenti, l'incertezza dei ruoli istituzionali e l'incapacità di evolvere verso un approccio autenticamente prestazionale hanno generato un quadro normativo che molti autori definiscono stratificato, incoerente e spesso contraddittorio[1]. La normativa edilizia, piuttosto che costituire una cornice evolutiva capace di accompagnare il progetto lungo il ciclo di vita, ha teso a sedimentare prescrizioni puntuali scollegate dalla qualità percepita e dalle reali performance d'uso[2].

La frammentazione normativa rappresenta uno degli elementi più evidenti del sistema: in Italia la materia edilizia è regolata da un insieme di fonti eterogenee, quali leggi statali, decreti attuativi, regolamenti regionali e comunali, che spesso si sovrappongono in assenza di un sistema ordinatore univoco[3]. La riforma del Titolo V della Costituzione del 2001 ha accentuato tale pluralità di livelli decisionali, determinando difformità interpretative e applicative tra territori[4].

La stratificazione delle norme ha contribuito alla formazione di un corpus frammentato, nel quale ogni intervento innovativo si è sovrapposto alla disciplina preesistente in assenza di una razionalizzazione unitaria[5]. Tale configurazione normativa alimenta incertezza interpretativa e divergenze applicative, rendendo complessa la verifica di conformità.

---

1 Gregotti, V. (2004).
2 Zevi, B. (1978).
3 Urbani, P., Clarich, M. (2017)
4 Urbani, P. (2017).
5 Benevolo, L. (1993)
6 Direttiva Europea 2010/31/UE (EPBD)
7 UNI 10838/1999. Processo edilizio
8 Zevi, B. (1978).

A questa criticità si aggiunge il divario strutturale fra approccio prescrittivo e approccio prestazionale. Il corpus normativo italiano è storicamente radicato in una cultura della prescrizione: elenchi di parametri dimensionali, distanze, rapporti aeroilluminanti e requisiti minimi pensati per garantire salubrità e sicurezza. Questa impostazione, che riduce la progettazione a un adempimento prevalentemente quantitativo, fatica a cogliere la qualità globale del progetto e i suoi effetti sul ciclo di vita dell'edificio. Mentre le direttive europee hanno progressivamente introdotto logiche prestazionali, ad esempio nei requisiti energetici (EPBD) e nell'inquadramento del ciclo di vita[6], gran parte della normativa italiana continua a definire parametri rigidi, ostacolando l'evoluzione culturale della disciplina.

La UNI 10838 definisce requisiti prestazionali, ma il loro recepimento è frammentario e spesso percepito come un mero adempimento burocratico anziché come uno strumento di innovazione[7]. La tensione tra controllo ex ante e responsabilità prestazionale risulta ancora irrisolta[8]. In questo contesto, l'architettura può configurarsi come <<un esercizio di conformità>>, con una riduzione della capacità di confrontarsi con la complessità dell'abitare[9].

Un terzo fattore riguarda la mancanza di continuità tra progetto, cantiere e gestione. La normativa italiana tende a concentrare le verifiche nella fase autorizzativa e nel collaudo statico finale, senza prevedere strumenti sistematici di monitoraggio delle prestazioni effettive e di aggiornamento dei piani di manutenzione[10]. L'assenza di una cultura della gestione post-occupancy riduce la possibilità di apprendere dai casi concreti e di alimentare processi di miglioramen-

9 Marchesi, G. (2004).
10 Docci, M. (2017)
11 Testo Unico dell'Edilizia (DPR 380/2001)
12 Arnstein, S.R. (1969).
13 De Carlo, G. (2013).
14 Sacks,R. Et. all, (2018).

to continuo[11]; ciò produce edifici formalmente "conformi" al momento del collaudo, ma incapaci di mantenere qualità e performance nel tempo.

Un altro aspetto critico riguarda la cultura partecipativa, che in Italia rimane largamente marginale e priva di basi normative solide. La normativa vigente pur riconoscendo in teoria l'importanza del confronto con i cittadini, non prevede obblighi vincolanti di coinvolgimento nella definizione dei progetti edilizi, se non in casi particolari (VIA, VAS)[11]. La partecipazione resta un'opzione discrezionale dell'amministrazione, spesso confinata a procedure facoltative o a consultazioni prive di effetti operativi. Arnstein, già nel 1969, descriveva la partecipazione come un "gradiente di potere" che va dalla semplice informazione alla co-progettazione effettiva[12].La partecipazione viene definita come principio fondativo del progetto; la sua assenza è associata a una progressiva separazione tra la dimensione collettiva dell'architettura e una sua trattazione prevalentemente tecnica[13].

La difficoltà di coordinamento istituzionale incide sui tempi di adozione delle innovazioni digitali. Il Decreto BIM (DM 560/2017) e le norme UNI EN ISO 19650 hanno definito procedure e ruoli, mentre la trasformazione informativa richiede un'evoluzione organizzativa orientata alla qualità integrata. Il BIM si configura come modello organizzativo del processo oltre che come insieme di strumenti software, fondato su competenze condivise e responsabilità trasversali[14]. Il quadro normativo italiano conserva un impianto segmentato, che limita la piena integrazione delle potenzialità digitali.

Questi fattori costituiscono la matrice comune di numerose criticità operative. La frammentazione normativa contribuisce al divario tra approccio prescrittivo e prestazionale; la limitata diffusione di pratiche partecipative accentua la distanza tra progetto e utenza; la discontinuità gestionale incide sulla qualità nel lungo periodo.

A queste si aggiungono una frammentazione di ruoli e competenze che alimenta incertezza, una lentezza strutturale nell'accogliere le innovazioni tecnologiche e sociali, e un impianto regolativo che continua a privilegiare l'adempimento formale rispetto alla verifica effettiva delle prestazioni. È da queste criticità di sistema che occorre partire per comprendere, e superare, le lacune più evidenti. In sintesi, i limiti tecnici che saranno analizzati nel paragrafo successivo si radicano proprio in questa combinazione di fattori: un quadro normativo rigido, una cultura ancora debole della partecipazione e della gestione lungo il ciclo di vita, e una visione che fatica a evolvere in sintonia con la complessità contemporanea.

2.1.3 LIMITI TECNICO-NORMATIVI EVIDENZIATI

Norme sulla qualità ambientale interna

La regolazione della qualità ambientale interna rappresenta uno dei punti più deboli del sistema normativo edilizio italiano, nonostante l'evidenza scientifica che lega la salubrità degli spazi abitati alla salute pubblica e al benessere psicofisico[1]. Fin dagli anni Settanta, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha riconosciuto l'inquinamento indoor come uno dei principali fattori di rischio ambientale nei Paesi industrializzati; l'ordinamento italiano ha tradotto queste conoscenze in disposizioni frammentarie, prevalentemente orientate alla dimensione energetica e solo marginalmente alla qualità sensoriale e chimica dell'aria.

Le principali norme in vigore si concentrano sui requisiti minimi di isolamento termico e contenimento dei consumi energetici. La Legge 9 gennaio 1991, n.10 ha introdotto l'obbligo di calcolare la trasmittanza termica e il fabbisogno energetico. Il D.Lgs 192/2005 e il D.Lgs 311/2006 hanno recepito la Direttiva EPBD 2002/91/CE, stabilendo parametri di prestazione energetica e criteri di zonizzazione climatica[2]. La successiva Direttiva 2010/31/UE e la Direttiva Case Green (2024) hanno rafforzato questo orientamento, imponendo obiettivi di decarbonizzazione e l'obbligo di edifici a consumo quasi nullo. Questi provvedimenti non affrontano in modo sistematico il tema della qualità ambientale interna nella sua complessità, che comprende fattori fisici (temperatura, umidità), chimici (VOC, formaldeide, CO_2, particolato fine) e percettivi (illuminazione naturale, comfort acustico, percezione olfattiva e tattile)[3].

---

1 WorldHealthOrganization (2010)..
2 D.Lgs 192/2005 e 311/2006; Direttiva EPBD 2002/91/CE e 2010/31/UE.
3 Attenni, L., Rossi, G. (2019).
4 D.Lgs 81/2008.
5 WHO (2022).

La normativa tecnica UNI EN ISO 7730 e UNI EN 15251 definisce criteri per il comfort termico e ambientale, ma si colloca nell'ambito della regolamentazione volontaria e non prevede soglie obbligatorie per gli edifici residenziali, salvo casi specifici come scuole e luoghi di lavoro disciplinati dal D.Lgs 81/2008[4]. Non esiste un sistema di monitoraggio continuo che verifichi la qualità dell'aria interna nel tempo, né un quadro sanzionatorio che responsabilizzi proprietari e gestori in caso di degrado prestazionale.

Un limite rilevante è l'assenza di valori aggiornati e vincolanti per la concentrazione degli inquinanti indoor più diffusi. La presenza di VOC, formaldeide, particolato e anidride carbonica è una delle principali cause di patologie croniche, con effetti che si manifestano nel lungo periodo[4]. Nonostante queste evidenze, il quadro regolativo italiano continua a subordinare la qualità ambientale interna alla prestazione energetica, lasciando alla discrezionalità dei progettisti l'adozione di sistemi di controllo.
Questa impostazione produce effetti concreti. La Relazione Annuale sull'Efficienza Energetica (ENEA 2024) segnala che la dimensione del benessere indoor rimane affidata a scelte discrezionali e a standard volontari, con un'adozione marginale nelle pratiche ordinarie[5]. Il risultato è un mercato edilizio in cui la riduzione dei consumi è percepita come un obbligo stringente, mentre la qualità dell'aria, della luce e del comfort acustico sono considerate elementi accessori, senza criteri minimi di verifica.

L'assenza di un quadro normativo chiaro produce almeno tre conseguenze operative di rilievo: la difficoltà di stabilire riferimenti di qualità condivisi, l'assenza di incentivi concreti all'innovazione tecnologica e una percezione riduttiva del comfort ambientale come variabile opzionale anziché componente essenziale della sostenibilità edilizia[7].
Un aspetto critico riguarda la mancanza di monitoraggio sistematico durante la fase di esercizio. I piani di manutenzione e le procedure di controllo si concentrano quasi esclusivamente sulle componenti impiantistiche e strutturali, mentre la verifica delle condizioni ambientali interne si limita a controlli episodici o a iniziative volontarie[8]. La logica "ex ante", fondata sul collaudo iniziale, si rivela inadeguata a governare un fenomeno dinamico come la qualità del microclima indoor, che dipende dall'uso effettivo degli spazi, dai materiali e dai comportamenti degli occupanti.

La qualità architettonica si misura nella capacità di generare luoghi che accolgano la vita e i sensi, una prospettiva che l'ordinamento italiano fatica a recepire come diritto collettivo[9]. L'effetto di questa miopia è duplice: da un lato, edifici formalmente conformi ai requisiti di legge; dall'altro, ambienti potenzialmente nocivi per la salute e incapaci di garantire un benessere integrale.

La Direttiva EPBD e la Direttiva Case Green introducono un orientamento più ampio, che integra la qualità ambientale interna tra gli obiettivi della transizione energetica e climatica. L'ordinamento nazionale non ha ancora tradotto questi principi in obblighi chiari e verificabili. La persistenza di un approccio prevalentemente tecnico, privo di una visione integrata della qualità ambientale, rappresenta un limite strutturale che ostacola l'evoluzione del sistema edilizio verso un modello realmente centrato sull'utente.

In prospettiva, l'adozione di un quadro normativo aggiornato, capace di definire soglie minime di qualità indoor, prevedere controlli periodici e includere la dimensione sensoriale e percettiva tra i parametri di performance, costituirebbe un passaggio indispensabile per garantire edifici salubri, sostenibili e coerenti con le sfide ambientali contemporanee.

Regolazione del ciclo di vita e della manutenzione

La normativa italiana prevede riferimenti puntuali alla gestione e alla manutenzione delle opere edilizie, ma questi riferimenti restano frammentari, privi di valore vincolante su larga scala e sprovvisti di un sistema unitario di monitoraggio lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio[1]. La Legge 1086/1971 e il D.P.R. 380/2001 stabiliscono l'obbligo di predisporre il fascicolo del fabbricato e di documentare le caratteristiche strutturali e impiantistiche[2]; questa documentazione si limita a una fotografia iniziale dell'opera, non aggiornabile e priva di correlazione diretta con i processi di gestione successivi.

Uno dei limiti più rilevanti è proprio l'assenza di un sistema obbligatorio e integrato di gestione del ciclo di vita dell'edificio, inteso come insieme di attività di controllo, monitoraggio e manutenzione continuativa delle prestazioni[3]. Nonostante l'emersione, a livello europeo, di approcci che enfatizzano la durabilità e la circolarità, l'ordinamento italiano ha privilegiato una logica "ex ante", basata sul rispetto formale dei requisiti alla data di collaudo[4]. Le normative UNI 10838/1999 e UNI 11838/2022 hanno introdotto definizioni,

1 UNI 10838:1999
2 D.P.R. 380/2001
3 DDR (2024).
4 Attenni M., Rossi R. (2022).
5 UNI 11838:2022
6 Marchesi, G. (2004).
7 Docci, M. (2017)..
8 Direttiva 2010/31/UE (EPBD).

principi e un lessico prestazionale che delinea un processo edilizio esteso oltre la consegna dell'opera[5]. Questi standard non hanno valore stringente: sono riferimenti volontari, raramente recepiti dai capitolati e spesso ridotti a strumenti di certificazione di facciata[6].

Questo scarto fra quadro normativo di principio e mancanza di obblighi effettivi determina conseguenze operative rilevanti: non esiste un vincolo legale che obblighi i soggetti responsabili ad aggiornare il Piano di Manutenzione durante la vita utile dell'edificio; non è prevista la tracciabilità obbligatoria dei materiali e dei componenti a fini di recupero, riuso e riduzione dell'impatto ambientale; la verifica delle performance effettive è relegata a controlli episodici, senza un sistema di monitoraggio sistematico post-occupancy[7].

La direttiva europea 2010/31/UE (EPBD) e le norme correlate sul miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici spingono verso un approccio prestazionale che dovrebbe proseguire anche nella fase di esercizio[8]. Il recepimento italiano si è concentrato principalmente sugli obblighi di certificazione energetica ex ante, senza predisporre un quadro normativo che accompagni la vita utile dell'immobile e monitori gli scostamenti tra progetto e uso reale. Questo scollamento produce conseguenze critiche: piani di manutenzione redatti a fini autorizzativi ma non consultati né aggiornati; assenza di strumenti obbligatori di verifica periodica; mancanza di incentivi o sanzioni legate alla qualità nel tempo.

In questo scenario, il Building Information Modeling (BIM), sebbene formalmente recepito come metodologia di riferimento per gli appalti pubblici dal DM 560/2017, viene ancora considerato prevalentemente come uno strumento di coordinamento progettuale e non come piattaforma infor-

mativa a ciclo chiuso capace di alimentare la facility management e la manutenzione predittiva[9]. La separazione netta tra fase progettuale e gestione in esercizio produce un effetto di "de-responsabilizzazione": il progettista è valutato solo sulla correttezza formale del progetto e non sugli esiti di lungo periodo[10] Come osservano Marchesi e Docci, la gestione programmata degli immobili è spesso percepita come un costo improduttivo più che come un investimento strategico[11].

Questa mancanza si rivela tanto più problematica alla luce delle sfide contemporanee: la decarbonizzazione del patrimonio edilizio, la necessità di garantire la durabilità dei sistemi tecnologici, l'incremento dei costi di gestione. La persistenza di un approccio frammentato e prevalentemente dichiarativo, privo di strumenti sistematici di verifica e aggiornamento, alimenta il rischio di una progressiva perdita di prestazioni e di un incremento dei costi di esercizio lungo la vita utile dell'opera. In prospettiva, l'evoluzione di un quadro normativo integrato, capace di collegare la fase progettuale alla gestione e alla manutenzione, rappresenta un passaggio indispensabile per colmare questa lacuna e restituire centralità alla qualità effettiva degli edifici.

9 Eastman, C. et al. (2011)..
10 Marchesi, G. (2004),.
11 Marchesi, G. (2004), cit.; Docci, M. (2017), cit.
12 DDR (2024), cit

Flessibilità d'uso e adattabilità

Un altro limite della normativa italiana riguarda la scarsa attenzione alla capacità degli edifici di adattarsi nel tempo alle trasformazioni della vita degli utenti. La flessibilità d'uso, intesa come predisposizione fisica e organizzativa alla riconfigurazione degli spazi, è oggi riconosciuta come un requisito fondamentale di sostenibilità sociale e ambientale[1], ma rimane un concetto largamente assente dal quadro regolativo vincolante.

Le principali disposizioni come il D.P.R. 380/2001[2], la Legge 13/1989 sull'abbattimento delle barriere architettoniche[3] e il D.M. 236/1989[4] disciplinano parametri dimensionali minimi e requisiti di accessibilità, ma si concentrano prevalentemente sulla condizione di disabilità preesistente, senza affrontare in modo sistematico la questione dell'evoluzione dell'utenza e della riconfigurabilità degli ambienti.

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, pur richiamando principi di inclusione e innovazione, non ha introdotto specifici vincoli normativi sul tema dell'adattabilità funzionale[5]. In Italia, simili requisiti restano confinati a buone pratiche facoltative o a standard volontari, come quelli proposti dalla certificazione Protocollo Itaca, che attribuisce punteggi premiali alla flessibilità ma non la prescrive come obbligo[6].

Da questa lacuna derivano effetti significativi: edifici progettati secondo logiche tipologiche rigide[7], scarsa attenzione ai cicli di vita familiari, come l'invecchiamento, lo smartworking o l'emergere di disabilità[8], e una maggiore incidenza di ristrutturazioni invasive con spreco di risorse materiali e finanziarie[9]. La mancanza di criteri per la predisposizione di impianti modulabili, pareti mobili o sistemi costruttivi reversibili limita la possibilità di intervenire in modo graduale senza ricorrere a trasformazioni costose e distruttive[10].

La rigidità tipologica è riconducibile a una concezione della progettazione intesa come definizione di un assetto stabile e compiuto, piuttosto che come sistema suscettibile di trasformazioni nel tempo[11]. La dimensione temporale dell'abitare, intesa come capacità dello spazio di accogliere mutamenti d'uso e di significato, costituisce un elemento fondamentale della qualità architettonica[12]. L'integrazione di un approccio adattivo viene messa in relazione con il principio di equità sociale nell'architettura[13].

La rigidità della regolazione italiana si traduce in un paradosso: da un lato si proclamano principi di inclusione e sostenibilità, dall'altro si mantengono norme che consolidano modelli tipologici standard privi di capacità evolutiva. In prospettiva, l'introduzione di requisiti vincolanti di flessibilità d'uso e di parametri prestazionali di adattabilità rappresenterebbe un passaggio cruciale per orientare l'architettura italiana verso un modello più sostenibile, inclusivo e capace di accompagnare la biografia dell'utente, riducendo nel tempo interventi invasivi e costi di gestione.

1 DDR (2024).
2 D.P.R. 380/2001
3 Legge 13/1989
4 D.M. 236/1989
5 Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Missione 5.
6 Itaca (2021)
7 Marchesi, G. (2004)..
8 Crespi Reghizzi, O. (2017).
9 Marchesi, G. (2004).
10 Crespi Reghizzi, O. (2017)
11 Marchesi, G. (2004)
12 Zevi, B. (1978)
13 De Carlo, G. (2013)

Integrazione tra digitale e fisico

La trasformazione digitale costituisce una delle principali questioni che attraversano oggi il settore edilizio, poiché implica una ridefinizione più ampia della filiera e delle modalità attraverso cui si articolano progettazione, gestione e manutenzione[1]. La normativa italiana, pur avendo riconosciuto formalmente l'importanza del digitale con il D.M. 560/2017 che introduce l'obbligo progressivo di adozione del BIM negli appalti pubblici[2] si limita a un approccio che privilegia la dimensione documentale e la verifica di conformità, senza affrontare in modo sistemico l'integrazione tra dimensione fisica e dimensione informativa dell'edificio.

Le norme UNI EN ISO 19650 definiscono principi avanzati di modellazione informativa orientata al ciclo di vita, ma questi standard hanno natura prevalentemente volontaria[3]. Manca un quadro stringente che imponga la creazione e l'aggiornamento del Digital Twin durante l'esercizio e la gestione, limitando così il potenziale di tracciabilità e monitoraggio in tempo reale[4]. Il fascicolo digitale è previsto solo come requisito iniziale per i progetti pubblici, senza un sistema che ne garantisca l'effettiva implementazione come strumento vivo di governo dell'opera.

Questa separazione si traduce in un modello frammentato: il BIM è percepito da molti operatori come un "contenitore di elaborati" funzionale alla fase autorizzativa, più che come piattaforma informativa condivisa per la gestione integrata degli edifici[5]. Il rischio è ridurre l'innovazione a un adempimento formale, in cui la qualità del dato e l'aggiornamento continuo vengono sacrificati in nome della semplificazione procedurale[6].

Il Digital Twin, strumento cardine per monitorare prestazioni energetiche, condizioni ambientali e stato dei componenti, resta un'opzione sperimentale, non inquadrata da

obblighi di legge.

Un limite riguarda l'assenza di un sistema unificato di classificazione e codifica degli elementi edilizi: il quadro normativo nazionale si affida a librerie e standard di riferimento eterogenei, senza definire un linguaggio comune obbligatorio che garantisca interoperabilità[7]. Questo limite ostacola la condivisione dei dati fra progettisti, costruttori e gestori e rende difficile la creazione di archivi informativi utilizzabili in modo trasversale.

La conseguenza più evidente di questa impostazione è la persistenza di una cultura frammentata, in cui la digitalizzazione viene percepita come una sovrastruttura piuttosto che come un processo di trasformazione strategica. La mancanza di incentivi economici e di un sistema sanzionatorio per l'aggiornamento informativo alimenta la tendenza alla de-responsabilizzazione e alla perdita di dati lungo la filiera. La qualità integrata non può essere raggiunta se il digitale resta confinato al momento progettuale, senza un reale ancoraggio alla gestione operativa e alla manutenzione predittiva[8].

In prospettiva, l'evoluzione verso un sistema normativo che riconosca il valore del Digital Twin e che introduca obblighi minimi di aggiornamento, interoperabilità e tracciabilità costituisce una sfida decisiva per restituire centralità alla qualità effettiva dell'architettura. Solo in questo modo la transizione digitale potrà diventare un'opportunità di innovazione reale, capace di generare valore condiviso e di trasformare la cultura della progettazione e della gestione edilizia.

---

1 Docci, M. (2017)
2 D.M. 560/2017
3 UNI EN ISO 19650
4 DDR (2024)
5 Eastman, C. et al. (2011)
6 Marchesi, G. (2004)
7 UNI 11337:2017
8 Rossi, R. (2022)

Accessibilità ridotta a obbligo geometrico minimale

L'accessibilità universale rappresenta un valore fondativo di equità e inclusione, riconosciuto da tempo come diritto collettivo[1], ma la normativa italiana continua a interpretarlo in una prospettiva prevalentemente dimensionale e prescrittiva[2]. Sebbene dagli anni Ottanta siano stati introdotti principi di inclusione, questi sono rimasti confinati a requisiti geometrici e dimensionali minimi, senza evolvere in un quadro prestazionale realmente centrato sull'esperienza e sulla qualità d'uso delle persone con disabilità e fragilità temporanee[3].

La Legge 13/1989 e il D.M. 236/1989 hanno introdotto un quadro organico di prescrizioni tecniche larghezze di passaggio, pendenze di rampe, spazi di manovra pensato per garantire il superamento delle barriere architettoniche[4]. La ratio di queste norme è prevalentemente formalistica: assicurano la conformità di progetto attraverso verifiche ex ante, ma non prevedono strumenti di controllo e monitoraggio delle reali condizioni di accessibilità in esercizio[5].
Il D.P.R. 380/2001 (Testo Unico dell'Edilizia) recepisce queste disposizioni senza introdurre sostanziali innovazioni in termini di flessibilità e qualità percepita[6]. I parametri dimensionali fissati nel 1989 non sono mai stati aggiornati in modo sistematico per recepire le evoluzioni delle conoscenze ergonomiche, degli ausili tecnologici e dei principi dell'Universal Design[7].
Questo limite si riflette in una carenza di requisiti prestazionali che considerino l'usabilità percepita e il comfort reale di una pluralità di utenti, inclusi anziani, persone con disabilità sensoriali e soggetti temporaneamente fragili[8]. Le norme non richiedono, per esempio, la valutazione della continuità percettiva tra spazi, l'accessibilità degli impianti tecnologici o il comfort psicologico legato all'autonomia degli spostamenti[9].

Gli studi più recenti confermano che un ambiente è accessibile non soltanto quando rispetta misure minime, ma quando garantisce livelli adeguati di comfort percettivo, orientamento intuitivo e interazione facilitata con sistemi tecnologici[10]. L'Organizzazione Mondiale della Sanità e le Linee Guida Europee sulla progettazione universale raccomandano di superare la logica del "limite minimo" per adottare un approccio progressivo, che valorizzi l'esperienza dell'utente e la personalizzazione delle soluzioni[11].

In Italia, questi principi restano riferimenti di buona pratica non vincolante: il Codice dei Contratti Pubblici richiama genericamente l'inclusione come criterio premiale, senza introdurre standard prestazionali obbligatori[12]. Il Protocollo Itaca riconosce punteggi premiali alla qualità percettiva e alla fruibilità avanzata, ma si tratta di strumenti volontari applicati solo in una minoranza di casi[13].

Un ulteriore limite prefigurabile riguarda l'assenza di obblighi di verifica post-occupancy: non è previsto alcun sistema di monitoraggio delle condizioni di accessibilità durante la vita utile dell'edificio, né aggiornamenti legati a cambiamenti nell'uso o nell'utenza[14]. La responsabilità dell'adeguamento resta demandata al singolo proprietario, alimentando disparità di trattamento e un approccio frammentario alla tutela dei diritti[15].

L'accessibilità, intesa come qualità complessiva dell'esperienza spaziale, richiede un'integrazione sistemica nel processo progettuale e gestionale[16]. La riduzione della norma a dispositivo di mera certificazione determina una situazione in cui edifici conformi sul piano formale presentano criticità nell'effettiva fruizione da parte di una parte dell'utenza.

In prospettiva, l'evoluzione normativa dovrebbe passare dall'obbligo di parametri minimi alla definizione di requisiti qualitativi e verificabili nel tempo, accompagnati da strumenti di supporto tecnico, incentivi economici e processi di formazione per i progettisti[17]. Solo così l'accessibilità potrà essere riconosciuta come dimensione viva dell'architettura e non come semplice adempimento formale.

---

1 Zevi, B. (1978)
2 Legge 13/1989
3 Marchesi, G. (2004)
4 D.M. 236/1989
5 Docci, M. (2017)
6 D.P.R. 380/2001
7 taca (2021)
8 Crespi Reghizzi, O. (2017)
9 Itaca (2021)
10 WHO (2018)
11 WHO (2018)
12 D.Lgs. 36/2023 – Codice dei Contratti Pubblici.
13 Itaca (2021)
14 Marchesi, G. (2004)
15 Crespi Reghizzi, O. (2017)
16 De Carlo, G. (2013)
17 Zevi, B. (1978)

Norme sismiche frammentate e non integrate con altri requisiti

La regolazione della sicurezza sismica in Italia ha raggiunto, nel tempo, livelli di complessità e rigore che riflettono l'elevato grado di rischio del territorio[1]. La sequenza di emergenze, dal terremoto del Belice a quello dell'Irpinia, fino all'Aquila e all'Italia Centrale, ha contribuito a un approccio normativo prevalentemente reattivo e incrementale, costituito da aggiornamenti puntuali spesso svincolati da una visione unitaria[2].

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), a partire dal D.M. 14 gennaio 2008 e con l'aggiornamento del 2018[3], hanno definito un corpus prescrittivo estremamente dettagliato che disciplina criteri di progettazione, verifiche di resistenza e livelli minimi di sicurezza per edifici nuovi e interventi di adeguamento. La disciplina sismica rimane sostanzialmente isolata dal resto del quadro regolativo[4]: non esistono obblighi che subordinino l'adeguamento strutturale alla contestuale riqualificazione energetica, all'incremento dell'accessibilità o all'adattabilità funzionale dell'edificio, producendo interventi settoriali e disomogenei[5].

Il D.P.R. 380/2001 (Testo Unico dell'Edilizia) recepisce le norme tecniche in un impianto procedurale articolato, ma delega in larga misura alle Regioni la definizione di linee guida operative, alimentando una pluralità di interpretazioni che genera difformità applicative e incertezza tra territori[6]. Questa impostazione produce una paradossale separazione fra ambiti che incidono simultaneamente sulla sicurezza e sulla qualità d'uso complessiva.

La logica normativa italiana si fonda su un modello di "cumulo di obblighi distinti" piuttosto che su una visione integrata dell'edificio come sistema complesso e interdipendente[7]. Ne deriva una prassi che privilegia l'adempimento

formalistico dei requisiti strutturali, senza cogliere l'opportunità di interventi sinergici sulla sostenibilità ambientale e sul comfort abitativo[8].

La Direttiva Europea EPBD 2010/31/UE e i successivi aggiornamenti insistono sulla necessità di combinare interventi di sicurezza strutturale e riqualificazione energetica, ma l'Italia non ha mai introdotto un obbligo di integrazione degli obiettivi nelle pratiche edilizie ordinarie[9]. Il DDR (2024) sottolinea che il mancato allineamento fra requisiti antisismici e obiettivi di decarbonizzazione rischia di compromettere la resilienza complessiva del patrimonio edilizio, con effetti negativi sulla riduzione delle emissioni e sulla qualità abitativa nel lungo termine[10].

Le Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico e il Sismabonus hanno introdotto incentivi fiscali e criteri di classificazione semplificata, ma non hanno saputo generare un cambio di paradigma: il miglioramento sismico rimane, nella maggior parte dei casi, un'operazione episodica più che un percorso strutturato di rigenerazione complessiva[11].
Un elemento critico riguarda la dimensione informativa e gestionale. Nonostante la progressiva diffusione del Building Information Modeling e l'adozione di modelli HBIM per il rilievo del patrimonio storico, la normativa nazionale non prevede l'obbligo di utilizzare piattaforme digitali integrate per la gestione dei processi di consolidamento e il monitoraggio statico nel tempo[12]. Questo limite contribuisce a una scarsa tracciabilità degli interventi e a una frammentazione della memoria tecnica degli edifici[13].
La letteratura internazionale evidenzia come la resilienza sismica non debba essere intesa soltanto come parametro statico di resistenza strutturale, ma come parte di una strategia più ampia di adattamento e riduzione del rischio[14].
L'assenza di un coordinamento dal valore vincolante fra

adeguamento sismico e riqualificazione complessiva produce costi più elevati e minore efficacia sul piano della sostenibilità ambientale e sociale[15].

In prospettiva, la transizione verso un quadro normativo che obblighi a integrare sicurezza, efficienza energetica e inclusione sociale costituisce un passaggio essenziale per trasformare la logica degli interventi da episodica a sistemica, superando la cultura dell'adempimento isolato e riconoscendo la multidimensionalità del concetto di qualità edilizia.[1]

1 Marchesi, G. (2004)
2 Rizzo, M. (2021)
3 D.M. 17/01/2018
4 Attenni M., Rossi R. (2022)
5 Marchesi, G. (2004)
6 D.P.R. 380/2001
7 Benevolo, L. (1993)
8 Crespi Reghizzi, O. (2017)
9 Direttiva 2010/31/UE (EPBD)
10 DDR (2024)
11 D.M. 28/02/2017
12 Eastman, C. et al. (2011)
13 Attenni M., Rossi R. (2022)
14 WHO (2018)
15 Marchesi, G. (2004)

Assenza di disciplina chiara per la progettazione partecipata
La partecipazione degli utenti e delle comunità locali alla definizione degli interventi edilizi rappresenta, nella teoria contemporanea, uno dei capisaldi di un'architettura democratica e capace di rispondere alle esigenze reali delle persone[1]. L'ordinamento italiano, pur riconoscendo in via di principio il valore del confronto e della concertazione, continua a considerare la progettazione partecipata come una facoltà residuale, priva di un inquadramento sistemico e di strumenti operativi vincolanti[2].

L'analisi delle principali fonti normative, dalla Legge Urbanistica n.1150/1942 al Testo Unico dell'Edilizia (D.P.R. 380/2001), fino al recente Codice dei Contratti Pubblici (D.Lgs. 36/2023), mostra come il coinvolgimento degli utenti sia previsto solo in termini generici o in ambiti circoscritti[3]. Le procedure di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), disciplinate dal Codice dell'Ambiente (D.Lgs. 152/2006), comprendono momenti consultivi, ma si limitano alla raccolta di osservazioni non vincolanti[4]. La pianificazione urbanistica generale prescrive la pubblicazione degli strumenti di piano e la possibilità di presentare opposizioni, senza imporre obblighi effettivi di co-progettazione[5]. In altre parole, la partecipazione è collocata in una posizione marginale: un'opzione discrezionale più che una componente strutturale del processo decisionale.

La "scala della partecipazione" descrive un gradiente di potere che si estende dall'informazione alla consultazione, fino al coinvolgimento decisionale[6]. Nel contesto italiano, la regolazione si colloca prevalentemente nei livelli iniziali di tale articolazione, configurando la partecipazione come passaggio procedurale con limitata incidenza sulle decisioni progettuali[7]. Questa impostazione determina una margina-

lizzazione dell'utente finale, che assume un ruolo prevalentemente ricettivo nel processo[8]. La partecipazione è stata inoltre definita come atto politico e culturale, orientato al riconoscimento delle esperienze quotidiane come criterio di progetto[9]. Un approccio partecipativo strutturato include, oltre alla fase consultiva, dispositivi di valutazione ex post e strumenti di monitoraggio condiviso[10].

Anche l'evoluzione normativa più recente, come il PNRR e il D.Lgs. 36/2023, ha introdotto soltanto generici riferimenti alla necessità di garantire trasparenza e inclusione, senza predisporre strumenti operativi che rendano obbligatoria la co-progettazione nelle fasi di ideazione e verifica dei progetti finanziati con risorse pubbliche[11]. Ne deriva una situazione in cui la progettazione partecipata rimane legata alla sensibilità dei singoli enti o alla sperimentazione volontaria, senza un riconoscimento giuridico vincolante.
Le esperienze internazionali dimostrano che l'assenza di una disciplina chiara produce conseguenze rilevanti: riduzione del consenso sociale, conflitti nella fase realizzativa, aumento dei contenziosi, minor grado di adesione agli obiettivi di sostenibilità e qualità d'uso[12]. La co-progettazione implica un "dialogo simmetrico" in cui progettisti e utenti co-producono significato e valore[13]. La mancanza di requisiti normativi precisi e di piattaforme digitali per la raccolta e gestione delle proposte limita la trasparenza e priva il progetto edilizio di un potenziale decisivo di innovazione sociale e culturale.

In prospettiva, l'introduzione di un quadro normativo che stabilisca fasi minime di coinvolgimento, obblighi di rendicontazione dei contributi emersi e l'adozione di strumenti digitali di supporto rappresenta una condizione essenziale per restituire alla progettazione architettonica la sua dimensione pubblica e relazionale.[1]

1- De Carlo, G. (2013)
2- Arnstein, S.R. (1969)
3-D.P.R. 380/2001
4-D.Lgs. 152/2006
5-D.Lgs. 36/2023
6-Arnstein, S.R
7-Marchesi, G. (2004)
8-Marchesi, G
9-De Carlo, G
10-Sanoff, H. (2000)
11-Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 5
12-Sanoff, H
13-Spinuzzi, C. (2005)

Poca chiarezza sui requisiti minimi di sostenibilità dei materiali

Il cambiamento climatico costituisce uno dei principali fattori di rischio per la resilienza del patrimonio edilizio, ma la normativa italiana, pur recependo direttive europee di carattere generale, non dispone di un sistema organico che vincoli la progettazione a considerare scenari climatici evolutivi, strategie di adattamento e misure preventive di medio-lungo termine[1].

Le principali disposizioni di riferimento, come il D.P.R. 380/2001[2], il Codice Appalti[3] e le norme tecniche per le costruzioni[4], si concentrano prevalentemente sulla dimensione statica della sicurezza (sismica, strutturale) e sull'efficienza energetica ex ante, senza integrare in modo vincolante obblighi di simulazione dinamica del comportamento degli edifici in scenari di stress ambientale crescente (ondate di calore, alluvioni, siccità).

L'assenza di requisiti normativi vincolanti per la valutazione del rischio climatico si traduce in un approccio prevalentemente reattivo: si interviene dopo che l'evento ha compromesso la funzionalità, senza politiche preventive che orientino le scelte progettuali verso l'adattamento passivo e la riduzione delle vulnerabilità[5]. In questo quadro, l'uso di strumenti modellistici, quali analisi di scenario, simulazioni microclimatiche e valutazioni del ciclo di vita esteso, rimane facoltativo e privo di una cornice unitaria che ne definisca contenuti e modalità di impiego[6].

Alcuni documenti strategici, come il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) e il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), contengono indicazioni di principio sulla necessità di promuovere edifici resilienti e processi di rigenerazione urbana orientati all'adattamento, ma tali indicazioni non hanno trovato finora un corrispettivo in obblighi giuridici e parametri tecnici prescrittivi[7].

L'assenza di un quadro vincolante produce effetti significativi: progettazioni che non considerano la dinamica evolutiva del clima, standard di isolamento e ventilazione tarati su condizioni storiche già superate, scarsa diffusione di soluzioni bioclimatiche e sistemi passivi di mitigazione degli impatti (ombreggiamenti, ventilazione naturale, accumulo termico, raccolta delle acque)[8].

La carenza di strumenti normativi di monitoraggio e di verifica in esercizio amplifica il divario tra la prestazione dichiarata in fase di progetto e la resilienza effettiva lungo il ciclo di vita[9]. La mancata integrazione tra valutazione del rischio climatico e scelte distributive, tecnologiche e impiantistiche determina una vulnerabilità crescente, con conseguenze economiche e sociali rilevanti per gli utenti e per la collettività[10].

L'adozione di un sistema normativo integrato che includa obblighi di simulazione climatica, requisiti prestazionali adattivi e dispositivi di monitoraggio continuativo costituisce una condizione per la durabilità e la sostenibilità del patrimonio edilizio. Il passaggio da una logica prescrittiva statica a un approccio processuale, capace di riconoscere la dimensione temporale del rischio, rappresenta una delle questioni centrali nel percorso di innovazione normativa italiana.

---

1 DDR (2024)
2 D.P.R. 380/2001
3 D.Lgs. 36/2023
4 NTC 2018
5 Marchesi, G. (2004)
6 Attenni M., Rossi R. (2022)
7 Ministero dell'Ambiente (2018). PNACC
8 Itaca (2021)
9 Docci, M. (2017)
10 DDR (2024), cit

Normativa carente per la progettazione adattativa al cambiamento climatico

L'aumento della frequenza di eventi climatici estremi, quali ondate di calore, precipitazioni intense e periodi prolungati di siccità, ha posto in evidenza l'esigenza di una progettazione edilizia orientata alla capacità adattiva rispetto alle trasformazioni ambientali[1].Il quadro normativo italiano risulta ancora prevalentemente fondato su parametri climatici di riferimento statici, con una limitata integrazione di strumenti di simulazione evolutiva e di strategie passive finalizzate alla mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

Il corpus normativo attuale, a partire dal D.P.R. 380/2001[2] fino ai decreti attuativi sulla certificazione energetica, si concentra principalmente sulla prestazione termica dell'involucro in condizioni standardizzate[3]. Le Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici (Decreto 26/06/2015) introducono criteri di valutazione del fabbisogno energetico invernale ed estivo, ma non prevedono l'obbligo di simulare scenari climatici evolutivi su orizzonti temporali coerenti con le previsioni IPCC[4]. La Direttiva 2018/844/UE ha avviato un processo di revisione degli approcci prestazionali, ma il recepimento italiano si è limitato a un aggiornamento parziale del quadro regolativo, privo di vincoli stingenti in materia di adattamento climatico[5].

Questo limite si riflette in un insieme di effetti operativi: l'assenza di obblighi di predisposizione di sistemi passivi di raffrescamento (ventilazione naturale, ombreggiamento mobile, massa termica)[6]; la mancanza di requisiti minimi per la raccolta, il recupero e la gestione delle acque meteoriche; l'assenza di criteri per la predisposizione di tetti verdi e superfici riflettenti come elementi di mitigazione delle isole di calore urbane[7].

Il risultato è un sistema regolativo che, pur richiamando obiettivi di sostenibilità, mantiene un approccio prevalentemente "invernale" alla prestazione energetica e ignora il rischio crescente di stress termico e vulnerabilità degli edifici nei periodi estivi prolungati. L'assenza di requisiti adattivi compromette la possibilità di progettare architetture resilienti capaci di preservare il comfort interno e ridurre la dipendenza dai sistemi meccanici di climatizzazione[8].

La divisione tra normativa e contesto climatico reale alimenta un paradosso: edifici certificati come "efficienti" che, di fronte a ondate di calore superiori alla norma, registrano condizioni di discomfort severo e consumi energetici elevati[9]. L'architettura deve interpretare le trasformazioni dell'ambiente in una logica evolutiva, riconoscendo la dimensione temporale come elemento costitutivo della qualità[10].

L'assenza di obblighi relativi a simulazioni climatiche prospettiche e la limitata articolazione dei requisiti di progettazione passiva indicano un livello di integrazione normativa ancora incompleto. In prospettiva, l'introduzione di vincoli di adattamento climatico e di strumenti di verifica delle prestazioni estive e in condizioni di stress meteorologico rappresenta un passaggio cruciale per garantire edifici resilienti e una qualità abitativa realmente sostenibile.

---

1 DDR (2024)
2 D.P.R. 380/2001
3 Itaca (2021)
4 IPCC (2021)
5 Direttiva 2018/844/UE
6 UNI 11300
7 DDR (2024)
8 Attenni M., Rossi R. (2022)
9 Marchesi, G. (2004)
10 De Carlo, G. (2013)

Mancanza di strumenti normativi per misurare la qualità percepita

Una delle più rilevanti lacune della normativa italiana riguarda l'assenza di obblighi di verifica della qualità percepita e dell'efficacia reale delle prestazioni edilizie. La progettazione edilizia continua a essere valutata quasi esclusivamente in base alla conformità a parametri dimensionali, requisiti energetici ex ante e controlli statico-strutturali[1]. Questo approccio formale trascura la dimensione esperienziale, ovvero la misura in cui l'edificio risponde alle aspettative e ai bisogni dell'utenza effettiva nel tempo[2].

Il D.P.R. 380/2001 e i principali riferimenti normativi[3] non prevedono alcun obbligo sistematico di monitoraggio post-occupancy, né di raccolta di dati sulla soddisfazione degli utenti. La verifica delle condizioni di comfort, accessibilità, funzionalità e usabilità resta confinata a pratiche volontarie o a protocolli di certificazione ambientale come Itaca o LEED, che non hanno valore vincolante[4].

Il tema del Post-Occupancy Evaluation (POE) è da decenni al centro del dibattito internazionale. Autori come Preiser e Sanoff ne hanno evidenziato l'importanza per la creazione di un ciclo virtuoso di apprendimento, in cui le informazioni di ritorno dall'uso reale alimentano il miglioramento continuo della qualità architettonica e la revisione delle norme tecniche[5]. In Italia, la cultura del feedback è sostanzialmente assente e la filiera edilizia si limita a una logica di "consegna chiusa", dove la responsabilità del progettista e del costruttore si esaurisce con il collaudo finale[6].

Questa assenza ha almeno tre conseguenze operative:

- la difficoltà di individuare le criticità legate all'uso reale degli spazi, che spesso emergono solo dopo anni;
- l'impossibilità di correlare i consumi energetici effettivi con le simulazioni di progetto, limitando l'efficacia delle strategie di efficientamento;
- la perdita di opportunità di innovazione normativa fondata su dati empirici di esperienza d'uso[7].

L'assenza di strumenti di verifica post-occupazione riflette una visione "difensivistica" della qualità edilizia, concepita come rispetto di regole minime piuttosto che come processo continuo di adattamento e miglioramento[8]. La qualità architettonica è ricondotta alla capacità dell'edificio di interagire con le pratiche d'uso e di evolvere in relazione ai mutamenti sociali e funzionali[9][1].

L'introduzione di obblighi di monitoraggio delle performance e di raccolta strutturata delle valutazioni degli utenti rappresenterebbe un passaggio fondamentale per restituire centralità all'esperienza d'uso e promuovere un approccio realmente orientato alla qualità. Questi strumenti come i POE sistematici, i Building Logbook aggiornati e le campagne di indagine sugli occupanti, potrebbero costituire la base per una revisione normativa fondata su evidenze empiriche e per una maggiore accountability dei progettisti e dei gestori degli edifici.

---

1 D.P.R. 380/2001
2 Itaca (2021)
3 Direttiva 2010/31/UE (EPBD)
4 DDR (2024)
5 Preiser, W.F.E. (2002)
6 Sanoff, H. (2000)
7 Spinuzzi, C. (2005)
8 Marchesi, G. (2004)
9 De Carlo, G. (2013)

2.2 CONFRONTO CON LA NORMATIVA EUROPEA

Analizzare i limiti normative italiane in chiave comparativa non significa limitarsi a un esercizio di descrizione, ma diventa un passaggio necessario per comprendere quanto il nostro sistema, ancora fortemente prescrittivo, si discosti da modelli che hanno saputo trasformare l'edilizia in un ambito di sperimentazione culturale e di innovazione tecnica.
In questo senso, i Paesi scandinavi offrono un osservatorio privilegiato, in cui il rapporto tra architettura, responsabilità sociale e sostenibilità ambientale si è consolidato in una cultura normativa integrata, capace di promuovere principi prestazionali senza rinunciare alla chiarezza dei requisiti vincolanti[1].
L'esperienza nord-europea si fonda su una concezione dell'abitare che supera la somma dei parametri funzionali e si radica in una visione sistemica: l'edificio come organismo in evoluzione, intimamente connesso alla salute collettiva e alla qualità percettiva dello spazio[2]. Questa prospettiva si riflette nella progressiva convergenza di quattro pilastri: il rigore tecnico delle soglie minime, la valorizzazione del ciclo di vita, la centralità del comfort ambientale e il riconoscimento della dimensione partecipativa[3].
In Italia, come descritto nei capitoli precedenti, l'assenza di un quadro unitario e di strumenti di monitoraggio effettivo ha prodotto un sistema normativo "a isole", in cui la conformità formale tende a prevalere sulla responsabilità sostanziale e sulla verifica delle performance nel tempo[4]. Il confronto con le regolazioni scandinave non deve quindi essere interpretato come una semplice raccolta di esempi virtuosi, ma come una lente critica per riflettere sulle possibilità di riforma del nostro ordinamento.
Il presente paragrafo si propone di ricostruire, per ciascun limite identificato nella normativa italiana, il modo in cui Danimarca, Svezia, Norvegia e Finlandia hanno tradotto in pra-

tica principi di qualità ambientale, sostenibilità e inclusione, delineando un orizzonte di riferimento in cui l'innovazione tecnica si intreccia con una visione etica dell'architettura.
La permanenza in Danimarca durante lo svolgimento di attività di ricerca sperimentale ha rappresentato un'opportunità per osservare da vicino la cultura regolativa e operativa scandinava. Questa esperienza ha consentito di confrontare direttamente prassi progettuali, strategie di gestione digitale e approcci alla qualità ambientale, fornendo elementi utili a integrare il quadro comparativo qui presentato.

1 Schmidt III, R. et al. (2010)
2 Wangel, J. (2013)
3 European Commission (2021). "Level(s): A Common EU Framework of Core Sustainability Indicators."
4 Marchesi, G. (2004)

2.2.1 SOLUZIONI E APPROCCI DEI PAESI SCANDINAVI AI LIMITI DELLA NORMATIVA ITALIANA EVIDENZIATI

Qualità ambientale interna

Il tema della qualità ambientale interna rappresenta uno dei principali differenziali tra la cultura regolativa italiana e l'approccio consolidato dei Paesi del Nord Europa. Come discusso nel capitolo precedente[1], la disciplina italiana si concentra prevalentemente sui requisiti minimi di isolamento termico e sulla riduzione dei consumi energetici, definendo parametri che si arrestano alla dimensione quantitativa della prestazione energetica e trascurano, di fatto, la dimensione percettiva e sensoriale dello spazio abitato. L'assenza di soglie obbligatorie per la concentrazione di inquinanti indoor, la mancanza di strumenti di monitoraggio sistematico e la debolezza di requisiti prestazionali verificabili hanno consolidato un approccio che riduce la sostenibilità a una condizione dichiarativa, più che a un effettivo diritto collettivo fondato sulla salubrità e sul benessere psicofisico degli utenti[2].

Nei Paesi scandinavi, la qualità ambientale è riconosciuta come una responsabilità progettuale e come un requisito tecnico vincolante. In Danimarca, il BR18 – Bygningsreglementet 2018, stabilisce limiti di concentrazione di CO_2, formaldeide e composti organici volatili (VOC), fissando soglie di CO_2 pari a un massimo di 1.000 ppm nei locali destinati alla permanenza prolungata[3]. Il regolamento definisce un tasso minimo di ventilazione calcolato in litri al secondo per persona e prescrive che questi requisiti siano certificati mediante misurazioni strumentali prima della consegna dell'opera. La responsabilità di effettuare questi controlli spetta ai tecnici qualificati incaricati dalla committenza, i quali devono allegare le evidenze al Building Logbook digitale, una piattaforma obbligatoria che consente di archiviare i dati e

tracciarne l'aggiornamento lungo la vita utile dell'edificio[4].

La **Svezia**, attraverso il BBR – Boverkets Byggregler – ha consolidato un impianto normativo ancora più strutturato, introducendo già con la BFS 2014:3 e aggiornando nel 2024 un sistema di requisiti prestazionali articolati. La normativa svedese stabilisce soglie obbligatorie non solo per la qualità dell'aria, ma anche per il comfort luminoso e acustico: ogni locale abitabile deve disporre di una superficie finestrata pari almeno al 10% della superficie utile di pavimento, mentre il livello sonoro medio in camera da letto non può superare i 30 dB(A) e l'umidità relativa deve rimanere entro la fascia 30–60%[5]. È importante sottolineare che il requisito del 10% di superficie finestrata si distingue dal rapporto aeroilluminante previsto dalla normativa italiana, concepito in chiave prevalentemente igienico-sanitaria. La logica del BBR privilegia la chiarezza dimensionale e la facilità di verifica, affidando la certificazione delle condizioni ambientali ai certifierade kontrollansvarig (responsabili tecnici accreditati), che rilasciano attestazioni di conformità sia al collaudo sia nelle verifiche periodiche obbligatorie.

La **Norvegia** adotta un approccio analogo con il TEK17, che vincola i progettisti al rispetto di valori di riferimento per temperatura, qualità dell'aria e concentrazione di radon. La Sezione §13-4 stabilisce che il contenuto di CO_2 negli ambienti occupati non debba eccedere i 1.000 ppm, che la ventilazione sia dimensionata in base all'occupazione effettiva e che la dichiarazione di conformità includa il collaudo tecnico-funzionale dei sistemi di climatizzazione e filtrazione[6]. È previsto un regime sanzionatorio in caso di inadempienza, con sanzioni amministrative e la possibilità di sospensione dell'agibilità fino alla regolarizzazione.

In **Finlandia**, la regolazione si intreccia con i principi dell'Universal Design, in una prospettiva che lega la qualità ambientale all'accessibilità e al benessere psicofisico. Il Decreto 1009/2017 e le linee guida del Ministero dell'Ambiente prevedono che ogni progetto edilizio includa un Piano di Gestione della Qualità Ambientale, integrato nel fascicolo digitale dell'opera. Questo piano definisce i parametri di riferimento per la qualità dell'aria, le modalità di controllo periodico, i protocolli di riduzione delle emissioni di VOC e formaldeide e le responsabilità di aggiornamento dei dati.

Un elemento distintivo di questi ordinamenti è la centralità della fase di esercizio come momento di verifica effettiva delle condizioni ambientali. Nei Paesi scandinavi, la certificazione della qualità indoor non si esaurisce nella progettazione, ma si prolunga nel tempo attraverso il **monitoraggio e la rendicontazione periodica**. In Danimarca, la committenza è responsabile di garantire la permanenza delle prestazioni e di predisporre strategie di adeguamento in caso di scostamenti, in un quadro che attribuisce alla gestione un ruolo paritario rispetto alla fase di progetto[7].

Come evidenzia la **Relazione Annuale sull'Efficienza Energetica** (RAEE 2023), la qualità ambientale, nei contesti nordici, è parte integrante di una cultura della responsabilità diffusa, che sostituisce il principio della mera dichiarazione progettuale con un sistema di controllo effettivo e di accountability misurabile[8]. Questa impostazione produce effetti tangibili: la qualità ambientale è certificata anche in esercizio; le soglie di CO_2, VOC e umidità hanno valore vincolante; la cultura del monitoraggio sostituisce l'approccio puramente formale con un principio di responsabilità condivisa. La qualità indoor è un fattore determinante per la produttività, la salute pubblica e il benessere psicologico[9].

In prospettiva comparata, il modello scandinavo dimostra che la qualità ambientale interna non è un attributo opzionale, ma un diritto collettivo e una dimensione fondativa della sostenibilità. L'esperienza nordica evidenzia che la convergenza tra requisiti energetici e salubrità degli spazi può tradursi in un approccio integrato capace di legare la cultura del progetto alla responsabilità sociale.[1]

1 WHO (2010)
2 Attenni, M., Rossi, R. (2022)
3 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018)
4 Realdania (2024). KlimadataRapport
5 Boverket (2024)
6 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17
7 European Commission (2021)
8 ENEA (2024). Relazione Annuale sull'Efficienza Energetica
9 Lowe, R. (2015)

Digitalizzazione progettuale e interoperabilità dei dati

La digitalizzazione del processo edilizio italiano si è sviluppata prevalentemente come risposta a esigenze di efficienza documentale e coordinamento preliminare. Il DM 560/2017 ha introdotto l'obbligo di adozione del BIM per gli appalti pubblici sopra determinate soglie economiche[1], senza consolidare un approccio uniforme all'uso delle piattaforme collaborative come strumento di controllo progettuale e di riduzione degli errori nella fase autorizzativa. La normativa resta ancorata a logiche di produzione elaborati e a un'interpretazione del BIM come mera modellazione tridimensionale, più che come ambiente interoperabile capace di abilitare il confronto tra discipline e la verifica preventiva delle performance[2].

In **Svezia**, l'integrazione digitale è considerata prerequisito tecnico per l'ottenimento del permesso di costruire. Il Boverkets Byggregler (BBR) stabilisce che i progetti superiori a 1.000 mq siano obbligatoriamente sviluppati mediante piattaforme digitali certificate, che consentono l'archiviazione condivisa dei dati e la produzione di elaborati coordinati secondo standard nazionali di classificazione CoClass[3]. L'uso di modelli informativi interoperabili è finalizzato a ridurre il rischio di incongruenze tecniche e a garantire che le autorità locali possano effettuare verifiche prestazionali già in fase progettuale. La BFS 2024:9 prevede inoltre che i progetti pubblici documentino in modo trasparente il processo di revisione interdisciplinare e la risoluzione delle eventuali criticità individuate dagli enti di controllo.

La **Danimarca** ha affiancato a questi principi un'infrastruttura digitale pubblica – il Common Data Environment nazionale – in cui i soggetti coinvolti (progettisti, consulenti, stazioni appaltanti) sono tenuti a caricare versioni progres-

sivamente aggiornate dei modelli di progetto[4]. Il BR18 stabilisce che l'approvazione dei progetti sia subordinata alla verifica di coerenza tra le diverse discipline e all'assenza di conflitti geometrici e prestazionali. Questo approccio riduce il rischio di varianti in corso d'opera e consente alle autorità di vigilanza di controllare la qualità dei dati e la loro corrispondenza agli standard di riferimento.

La **Norvegia**, attraverso il TEK17, ha reso obbligatorio il caricamento dei modelli digitali semplificati su Altinn, la piattaforma nazionale per la gestione dei procedimenti edilizi[5]. La consultazione pubblica e la raccolta di osservazioni avvengono direttamente sui modelli digitali, che costituiscono la base giuridica per il rilascio delle autorizzazioni. La normativa prevede che le informazioni siano archiviate in formato IFC per garantire interoperabilità e tracciabilità durante l'intero iter approvativo.

In **Finlandia**, il Land Use and Building Act prevede che la fase progettuale sia supportata da un Digital Coordination Plan, documento obbligatorio che definisce le regole di condivisione dei dati, le responsabilità dei soggetti coinvolti e le modalità di aggiornamento dei modelli informativi[6]. Questo piano costituisce parte integrante della richiesta di permesso di costruire e viene utilizzato dalle autorità locali per monitorare la coerenza dei progetti rispetto ai requisiti tecnici e ambientali.

Rispetto al quadro italiano, questi sistemi si caratterizzano per tre elementi distintivi:

- L'interoperabilità digitale è un requisito procedurale vincolante per la validità dei permessi.
- La gestione condivisa dei dati riduce il rischio di errori progettuali e varianti in corso d'opera.
- Le piattaforme nazionali costituiscono infrastrutture di trasparenza e responsabilità diffusa.

La digitalizzazione del progetto non è solo un fattore tecnico, ma un processo culturale che ridefinisce le responsabilità e le relazioni tra i soggetti coinvolti[7]. Il confronto con i Paesi Scandinavi evidenzia che l'interoperabilità può essere concepita come leva per la qualità progettuale e la semplificazione amministrativa, superando la logica documentale che ancora caratterizza l'esperienza italiana.

1 DM 560/2017
2 UNI 11337
3 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler
4 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations
5 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift
6 Ministry of the Environment Finland (2020). Digital Coordination Guidelines
7 Eastman, C. et al. (2011)

Gestione digitale, monitoraggio e accountability nel ciclo di vita

Negli ultimi anni, il quadro normativo italiano ha riconosciuto la modellazione digitale attraverso l'introduzione del BIM come requisito obbligatorio negli appalti pubblici (DM 560/2017)[1]. Questo passaggio è rimasto però concentrato soprattutto sul coordinamento progettuale, senza consolidare un ruolo strategico della gestione informativa lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio. La tracciabilità dei dati di esercizio resta facoltativa e frammentata, mentre la continuità informativa dipende spesso dalle scelte del committente[2]. Ne deriva una separazione tra progettazione e gestione operativa, che limita l'uso del digitale come supporto alla sostenibilità ambientale e alla qualità gestionale.

Manca inoltre un obbligo di mantenimento e aggiornamento del fascicolo digitale dell'opera; la certificazione energetica (APE) resta priva di monitoraggi dinamici e di tracciabilità dei dati di consumo e qualità ambientale durante l'esercizio; il Piano di Manutenzione, previsto per alcune tipologie di intervento, conserva il carattere di documento statico redatto ex ante[3].
A livello europeo, la European Digital Construction Platform, la direttiva EPBD Recast (Direttiva 2023/1791/UE) e il framework Level(s) hanno consolidato il ruolo del Building Logbook e della modellazione digitale come strumenti di responsabilità ambientale, monitoraggio e valutazione del ciclo di vita dell'edificio[4]. Level(s), in particolare, introduce indicatori comuni per la misurazione delle prestazioni lungo l'intero ciclo di vita, includendo qualità ambientale interna ed emissioni operative. Nei Paesi Scandinavi, questa transizione digitale si è configurata come una politica pubblica

1 DM 560/2017 – Decreto BIM.
2 UNI 11337
3 D.P.R. 380/2001.

integrata con le strategie di decarbonizzazione e circolarità. In **Danimarca**, il Bygningsreglementet 2018 (BR18) e il Digital Construction Initiative hanno introdotto l'obbligo del Building Logbook, un fascicolo digitale che accompagna l'opera lungo tutta la sua vita utile[5]. Questo registro contiene informazioni certificate sulle caratteristiche costruttive, gli impianti, i materiali e gli interventi manutentivi, nonché i rapporti di audit energetico-ambientale. Ogni modifica significativa comporta l'obbligo di aggiornamento del logbook, che diventa parte integrante della documentazione di conformità. Un esempio è il programma Realdania, che ha promosso la creazione di Digital Twin per monitorare in tempo reale qualità dell'aria e performance energetiche in oltre 250 edifici pubblici e residenziali. La committenza ha la responsabilità legale di conservare e aggiornare i dati, garantendo la trasparenza anche in caso di trasferimento della proprietà.

La **Svezia** si distingue per aver introdotto precocemente l'uso obbligatorio di standard aperti di interoperabilità (IFC e COBie). Dal 2014, il Boverkets Byggregler impone che i progetti pubblici e le nuove costruzioni residenziali superiori a 1.000 mq siano sviluppati su piattaforme digitali certificate, corredate da un Piano di Gestione Informativa e da verifiche prestazionali in collaudo e post-occupancy[6]. La BFS 2024:9 stabilisce che il Building Logbook venga aggiornato almeno ogni cinque anni con audit indipendenti, e che i dati siano resi disponibili agli utenti finali e alle autorità locali attraverso piattaforme pubbliche. L'adesione al Framework Level(s) è espressamente promossa come modalità di reporting ambientale e di misurazione della performance nel ciclo di vita.

4 European Commission (2023). EPBD Recast Directive; Level(s).
5 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations.
6 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler

La **Norvegia**, con il TEK17, ha consolidato una visione integrata tra digitalizzazione e responsabilità gestionale. La normativa stabilisce che ogni edificio di nuova costruzione debba essere accompagnato da un Facility Information Model, un gemello digitale che riproduce in tempo reale le condizioni operative dell'immobile[7] Questo modello, alimentato automaticamente dai sistemi di monitoraggio, costituisce la base per la pianificazione della manutenzione e la verifica delle prestazioni ambientali. La Sezione §12-2 prevede che il mancato aggiornamento delle informazioni digitali costituisca violazione della conformità edilizia e sia sanzionato.

La **Finlandia** ha adottato un modello che integra modellazione digitale, valutazione del ciclo di vita e partecipazione degli stakeholder. Il Land Use and Building Act stabilisce che i progetti superiori a 500 mq debbano includere un Piano di Gestione Digitale, che descrive le modalità di aggiornamento dei dati e le strategie di comunicazione con gli utenti finali[8]. Le linee guida ministeriali del 2020 promuovono l'uso del Digital Twin come strumento di monitoraggio continuo di qualità dell'aria, efficienza energetica e adattabilità funzionale, coerentemente con il Level(s) Framework e con gli obiettivi di neutralità climatica al 2050.

Rispetto all'esperienza italiana, i sistemi scandinavi si distinguono per quattro caratteristiche fondamentali:

- La gestione informativa è obbligatoria e costituisce requisito di conformità edilizia.
- La documentazione digitale è aggiornata lungo l'intero cic lo di vita e ha valore giuridico.
- Il monitoraggio prestazionale è integrato con il gemello digitale, creando un ciclo continuo di verifica.
- La tracciabilità dei materiali e degli interventi è strumento di trasparenza, sostenibilità e tutela dell'utente finale.

Il BIM raggiunge piena maturità quando la modellazione digitale si configura come ambiente di conoscenza condiviso e strumento operativo della responsabilità progettuale e gestionale[9]. Il confronto con l'esperienza scandinava mostra come la digitalizzazione possa tradursi in qualità effettiva e interesse collettivo.

7 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift.
8 Ministry of the Environment (2020). Digital Twin Guidelines.
[9] Eastman, C. et al. (2011

Accessibilità e qualità esperienziale percepita

In Italia, la disciplina dell'accessibilità si fonda prevalentemente su parametri geometrici e dimensionali minimi, definiti principalmente dal D.M. 236/1989 e dalla Legge 13/1989[1]. Questa disciplina storica ha certamente contribuito a garantire il superamento di barriere architettoniche fisiche, ma si è rivelata insufficiente nell'integrare la dimensione **esperienziale dell'usabilità** e la verifica oggettiva della qualità percepita dagli utenti. In Italia, l'accessibilità rimane prevalentemente intesa come adeguamento degli spazi a una condizione di disabilità motoria permanente, senza evolvere verso un approccio che riconosca le molteplici forme di fragilità temporanee, sensoriali e cognitive[2] (... come disabilità transitorie, deficit sensoriali, difficoltà cognitive...).
Nei Paesi Scandinavi, questa limitazione è stata progressivamente superata attraverso un modello normativo che integra **Universal Design, qualità percettiva e monitoraggio post-occupancy** come elementi fondativi del diritto all'abitare. In Svezia, il Boverkets Byggregler (BBR) stabilisce non solo requisiti dimensionali, ma anche criteri di **usabilità percepita** che riguardano la leggibilità spaziale, il comfort visivo, la percezione cromatica e l'orientamento interno[3]. La BFS 2024:9 impone, ad esempio, che tutti gli spazi di circolazione principali siano dotati di contrasti cromatici differenziati per facilitare l'orientamento visivo e che i comandi di apertura e regolazione siano collocati a un'altezza compresa tra 0,8 e 1,2 metri dal piano di calpestio, garantendo l'uso indipendente da parte di persone con ridotta mobilità o forza prensile[4].

La **Danimarca**, con il BR18, prevede l'obbligo di redigere un **Accessibility Statement**, un documento che certifica le prestazioni non solo in termini di accesso fisico, ma anche di

qualità dell'esperienza d'uso. Questo documento comprende valutazioni sul livello di rumorosità interna, la qualità dell'illuminazione naturale e artificiale, la temperatura superficiale degli elementi di contatto e la facilità di comprensione dei percorsi di evacuazione[5]. Questi requisiti devono essere verificati attraverso audit indipendenti prima della consegna dell'opera e sottoposti a monitoraggio periodico durante la vita utile dell'edificio. La responsabilità della committenza non si esaurisce con l'ottenimento dell'agibilità: ogni cinque anni, i dati sul comfort percepito e l'usabilità reale devono essere aggiornati e registrati nel Building Logbook digitale, garantendo una tracciabilità completa delle condizioni di fruizione.

In **Norvegia**, il TEK17 enfatizza la **centralità della dimensione sensoriale e cognitiva dell'accessibilità.** La sezione §12-4 stabilisce che ogni edificio aperto al pubblico o residenziale con più di quattro unità abitative debba dimostrare la conformità a indicatori di qualità esperienziale, comprendenti: il livello di riverbero acustico massimo (≤0,6 s), l'uniformità luminosa degli spazi di passaggio e la presenza di segnaletica visiva e tattile conforme ai criteri di leggibilità universale[6]. Anche in questo caso, la normativa vincola la concessione del certificato di conformità all'effettivo superamento di test prestazionali condotti in situ.

La **Finlandia** ha integrato questi principi con un approccio innovativo che lega la **partecipazione degli utenti alla certificazione della qualità percepita.** Il Land Use and Building Act e le linee guida del Ministry of the Environment introducono la figura del **User Experience Report**, una valutazione elaborata con il coinvolgimento diretto delle persone con disabilità e delle associazioni di tutela. Questo report diviene parte integrante della documentazione di collaudo e deve attestare la coerenza fra progetto, realizzazione e usa-

bilità reale degli spazi[7]. Questo modello è stato riconosciuto come best practice a livello europeo nella comunicazione UE 2021/555 sul rafforzamento dell'inclusione ambientale. Rispetto all'ordinamento italiano, questi sistemi si differenziano per almeno tre elementi chiave:

- l'obbligo di certificare non solo la dimensione fisica, ma anche la qualità **percettiva e sensoriale** degli spazi;
- la previsione di un monitoraggio periodico dell'accessibilità reale e di obblighi di aggiornamento documentale;
- l'integrazione del punto di vista dell'utenza fragile come elemento vincolante nella definizione del progetto e nella verifica dei risultati.

La qualità ambientale viene ricondotta alla relazione tra corpo, percezione e spazio, superando una lettura fondata esclusivamente su parametri dimensionali[8]. Analogamente, la qualità architettonica è riferita alla capacità dello spazio di risultare comprensibile e accogliente nell'esperienza d'uso[9]. Il confronto con i Paesi scandinavi mostra come questi principi possano essere tradotti in prescrizioni tecniche vincolanti, orientando progettisti e committenti verso condizioni di fruibilità che includono la dimensione esperienziale dell'abitare oltre ai requisiti geometrici.[1]

1 D.M. 236/1989
2 Legge 13/1989
3 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler
4 Folkhälsomyndigheten (2019). Indoor Environment and Public Health
5 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations
6 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift
7 Ministry of the Environment (2017). Building Code and Maintenance Manual Guidelines
8 Sanoff, H. (2000)
9 Zevi, B. (1978)

Sicurezza integrata e gestione del rischio

Nei Paesi scandinavi, la sicurezza dell'ambiente costruito si fonda su un approccio multidimensionale che considera i rischi fisici, ambientali e funzionali in un quadro integrato di responsabilità tecnica e gestione informativa. A differenza del contesto italiano, dove la normativa antisismica costituisce uno dei pilastri della regolazione edilizia, i Paesi nordici non hanno sviluppato un corpus normativo esteso in materia di rischio sismico, in ragione della loro peculiare condizione geologica a bassa sismicità[1]. Questo apparente limite è compensato da un sistema di regole estremamente articolato per altri fattori di rischio, quali la resistenza al gelo, i carichi da neve, la durabilità strutturale, la prevenzione incendi e l'adattamento agli eventi climatici estremi. In prospettiva, l'esperienza scandinava offre un modello di "sicurezza integrata" che può ispirare l'evoluzione della normativa italiana, orientandola verso una visione più sistemica e interconnessa dei diversi domini prestazionali.

In **Svezia**, il Boverkets Byggregler (BBR) costituisce il principale riferimento normativo in materia di sicurezza edilizia. Il regolamento stabilisce requisiti obbligatori per la capacità portante delle strutture, la resistenza al fuoco e la protezione dagli agenti atmosferici severi, fissando valori minimi di carico neve differenziati per area climatica (tra 2,5 e 4,5 kN/m²) e prescrivendo procedure di verifica per la durabilità degli elementi costruttivi[2].
La BFS 2024:9 ha rafforzato l'obbligo di simulazione prestazionale mediante modellazione digitale, prevedendo che i progetti di nuova costruzione superiori a 1.000 mq debbano includere un **Piano di Gestione del Rischio**. Questo documento descrive le strategie di prevenzione e le modalità di aggiornamento dei dati nel Building Logbook. Sebbene il rischio sismico sia statisticamente irrilevante, la Svezia ha

codificato un approccio alla sicurezza che integra fattori fisico-strutturali e dimensioni funzionali, come l'accessibilità durante le emergenze e la gestione dei percorsi di evacuazione.

La **Danimarca**, attraverso il Bygningsreglementet BR18, ha introdotto un sistema di sicurezza prestazionale che lega i requisiti strutturali alla sostenibilità ambientale e alla resilienza[3]. Il regolamento obbliga a considerare la resistenza al gelo ciclico, la protezione da inondazioni e il comportamento degli edifici in caso di incendi prolungati. Ogni edificio deve essere dotato di un **Piano di Controllo della Sicurezza**, validato da un ente terzo indipendente. Questo documento integra le informazioni sulle verifiche periodiche, i materiali utilizzati e la manutenzione programmata. Un elemento innovativo è la connessione tra sicurezza e gestione informativa: il Building Logbook digitale documenta ogni intervento, generando una memoria tecnica a beneficio dei proprietari successivi e degli enti di controllo. Anche in questo contesto, l'assenza di un rischio sismico significativo non ha impedito lo sviluppo di un approccio avanzato di monitoraggio prestazionale, che può rappresentare un modello utile per la gestione integrata del rischio sismico in Italia.

La **Norvegia**, attraverso il TEK17, stabilisce un quadro normativo che enfatizza la durabilità e la robustezza degli edifici in un contesto ambientale severo[4]. La normativa prescrive verifiche di resistenza ai carichi di neve e vento, alla corrosione e all'umidità persistente, nonché procedure di controllo del comportamento degli elementi strutturali in condizioni di emergenza. Ogni progetto di edilizia pubblica o residenziale superiore a 500 mq deve disporre di un Facility Safety Plan, che definisce le responsabilità operative in fase di esercizio. La gestione della sicurezza è intesa come un ciclo continuo: il Piano deve essere aggiornato in

caso di ristrutturazioni significative e integrato nel Facility Information Model, il gemello digitale che riproduce in tempo reale le condizioni operative e strutturali. La normativa norvegese, pur non contemplando una disciplina antisismica analoga a quella italiana, fornisce un esempio concreto di responsabilità gestionale e trasparenza informativa, che può essere esteso alla gestione del rischio sismico nei contesti più esposti.

In **Finlandia**, il Land Use and Building Act e le linee guida ministeriali promuovono la sicurezza come un diritto collettivo legato alla qualità ambientale e alla salute pubblica[5]. La disciplina prevede che i progetti di nuova costruzione integrino un Safety and Resilience Plan, in cui siano descritti i rischi specifici (tra cui carichi neve, gelo, incendi) e le strategie di adattamento. Un aspetto distintivo del modello finlandese è l'obbligo di definire scenari di emergenza e procedure di evacuazione per tutte le tipologie edilizie. La documentazione è digitalizzata e resa accessibile attraverso la piattaforma Lupapiste. Sebbene la Finlandia non abbia sviluppato una normativa sismica articolata, l'impostazione sistemica e la responsabilità prolungata sul ciclo di vita costituiscono una prospettiva utile anche per le aree italiane ad alto rischio sismico.

In sintesi, la regolamentazione scandinava dimostra che la sicurezza non è una somma di adempimenti settoriali, ma un sistema organico che integra la dimensione progettuale, gestionale e informativa. La mancanza di una disciplina antisismica comparabile non riduce la portata innovativa di questi modelli, che evidenziano come la trasparenza dei dati, il monitoraggio continuo e la responsabilità diffusa possano costituire i pilastri di una cultura della sicurezza effettiva.
L'uso di un modello informativo condiviso attraverso il BIM è stato messo in relazione con la riduzione della frammenta-

zione tra progettazione e gestione, con effetti sulla qualità e sulla resilienza dell'opera[6]. Il confronto con i Paesi scandinavi suggerisce una riconsiderazione della normativa italiana in direzione di una **sicurezza integrata**, orientata a connettere la dimensione antisismica con modelli di responsabilità continua e strumenti di trasparenza digitale.

Cultura partecipativa e co-progettazione

La regolazione edilizia italiana riconosce in termini generali l'importanza della consultazione pubblica e della trasparenza decisionale, ma fatica a tradurre questi principi in obblighi procedurali capaci di incidere effettivamente sulla qualità progettuale e sulla responsabilità condivisa. La partecipazione viene inquadrata come una facoltà discrezionale o come adempimento accessorio legato a specifiche procedure di valutazione ambientale strategica (VAS) o di valutazione di impatto ambientale (VIA), senza che esista una disciplina organica che leghi la co-progettazione al ciclo di vita dell'edificio né un sistema di monitoraggio degli effetti sociali e della qualità percepita delle scelte progettuali. Questa impostazione tende a confinare il coinvolgimento dell'utenza in una dimensione episodica e informale, priva di effetti vincolanti e di responsabilità definite.

Nei Paesi Scandinavi, al contrario, la cultura partecipativa è stata progressivamente istituzionalizzata come prerequisito di legittimità e di qualità dei progetti edilizi. In Svezia, il Planning and Building Act (PBL) stabilisce che ogni intervento urbanistico o edilizio rilevante sia accompagnato da un processo di consultazione formalizzata, articolato in più fasi e supportato da strumenti digitali di comunicazione e archiviazione[1]. Il regolamento attuativo (BFS 2024:9) impone la predisposizione di un Piano di Partecipazione, documento

vincolante che descrive modalità, tempistiche e strumenti di coinvolgimento dei residenti, delle associazioni di categoria e delle organizzazioni civiche. L'autorità competente deve verificare la coerenza del processo partecipativo con le linee guida ministeriali, pena l'invalidità del permesso di costruire. Tra i casi più emblematici si può citare il progetto Nya Hovås, quartiere residenziale sviluppato attraverso workshop pubblici e piattaforme digitali che hanno consentito di definire le priorità degli abitanti in termini di mobilità, servizi e qualità percettiva degli spazi[2].

La **Danimarca** si distingue per aver coniugato la dimensione normativa con una forte infrastruttura digitale: il portale Fællesoffentlig Digital Platform consente di presentare osservazioni, contributi e controproposte su tutti i progetti di edilizia residenziale e pubblica[3]. Le amministrazioni hanno l'obbligo di produrre un Rapporto di Sintesi che dimostri in che modo le proposte emerse abbiano influito sulle scelte progettuali. Questo principio di accountability si traduce in un criterio di valutazione della qualità procedurale e nella possibilità per i cittadini di ricorrere contro progetti che non abbiano rispettato le modalità di consultazione previste. Il BR18 (Bygningsreglementet) richiama espressamente la dimensione partecipativa come componente integrata della qualità edilizia, riconoscendo che la sostenibilità sociale è un requisito tecnico al pari di quelli energetici e ambientali. Un esempio concreto è il laboratorio urbano sperimentale Bylivslaboratoriet, finalizzato a coinvolgere cittadini e progettisti nella definizione di nuovi standard di spazi pubblici inclusivi[4].

La **Norvegia** adotta un modello che intreccia la co-progettazione con la gestione digitale della conoscenza. Il Planning and Building Act (PBA) e il TEK17 stabiliscono che i processi edilizi di interesse pubblico debbano prevedere consulta-

zioni iterative documentate attraverso il sistema digitale **Altinn**[5]. Ogni fase progettuale: dallo studio di fattibilità al collaudo, è scandita da finestre temporali durante le quali i soggetti interessati possono visionare i modelli BIM semplificati e fornire osservazioni. La partecipazione è formalizzata mediante un Protocollo di Dialogo che, una volta approvato, costituisce parte integrante del fascicolo digitale dell'opera. In molti casi, questo protocollo viene successivamente aggiornato attraverso la post-occupancy evaluation, che verifica la qualità percepita e il grado di soddisfazione dell'utenza a distanza di 1, 3 e 5 anni dall'ingresso negli edifici.

In **Finlandia**, il Land Use and Building Act e le linee guida del Ministero dell'Ambiente promuovono un approccio che definisce la partecipazione come diritto collettivo[6]. Gli strumenti principali sono il Participation and Evaluation Plan (PEP) e la piattaforma digitale Lupapiste, che ospita i progetti in consultazione pubblica e consente il monitoraggio dei feedback in tempo reale. La pianificazione partecipativa si lega al concetto di Universal Design e di qualità ambientale interna, nella consapevolezza che la salubrità, l'adattabilità e la qualità esperienziale degli spazi siano dimensioni negoziate e radicate nella biografia degli utenti. Questa impostazione è pienamente coerente con la Direttiva Europea 2014/24/UE sugli appalti pubblici e con la più recente EPBD 2023/1791/UE, che rafforza il principio secondo cui la qualità energetica e il benessere ambientale devono essere integrati da processi di consultazione degli stakeholder e da un monitoraggio costante delle performance sociali.

Pur nella loro maturità, anche questi modelli presentano margini di criticità: la crescente digitalizzazione dei processi partecipativi, se da un lato favorisce trasparenza e inclusione, dall'altro rischia di standardizzare le forme di consulta-

zione e di ridurre la profondità qualitativa delle interazioni, come osservato in alcune valutazioni indipendenti condotte in Norvegia e Svezia tra il 2021 e il 2023.

L'approccio scandinavo si distingue per alcuni elementi di innovazione strutturale rispetto al modello italiano:

- La partecipazione è obbligatoria e regolata da norme che definiscono le responsabilità dei promotori e i diritti dei cittadini.
- La dimensione digitale costituisce un'infrastruttura essenziale per la documentazione, il monitoraggio e la valutazione della qualità procedurale.
- La responsabilità partecipativa si prolunga oltre la fase autorizzativa, accompagnando la gestione dell'edificio e l'aggiornamento del Building Logbook, anche attraverso verifiche di post-occupancy.
- -La co-progettazione è riconosciuta come fattore abilitante della sostenibilità sociale, della resilienza urbana e della qualità percepita dagli utenti.

La partecipazione può essere intesa come condizione necessaria alla costruzione di un ambiente coerente con i bisogni, le pratiche e le conoscenze di chi lo abita[8]. Il confronto con i Paesi scandinavi mostra che la co-progettazione può essere recepita anche sul piano normativo come componente strutturale del processo, superando il carattere episodico che continua a contraddistinguere il quadro italiano.

Circolarità dei materiali e tracciabilità informativa

La transizione verso un'economia circolare è diventata uno degli assi strategici delle politiche europee per la decarbonizzazione e la riduzione dell'impatto ambientale del settore edilizio. Il Green Deal Europeo, la Strategia UE per la Circular Economy e la revisione della Direttiva EPBD hanno progressivamente imposto agli Stati membri l'adozione di strumenti normativi e operativi per garantire la riduzione dei rifiuti, il riuso selettivo dei componenti e la tracciabilità dei materiali lungo l'intero ciclo di vita degli edifici[1]. In questo scenario, la circolarità non è più concepita come un'opzione progettuale, ma come criterio fondamentale per misurare la qualità ambientale e sociale del costruito.

In Italia, la storica frammentazione normativa, la carenza di incentivi strutturali e la prevalenza di un'impostazione orientata all'adempimento formale hanno ostacolato l'affermazione di pratiche di recupero sistematico e di strategie di gestione digitale dei materiali. Come discusso nei capitoli precedenti[2], mancano obblighi vincolanti che impongano il monitoraggio continuativo dei flussi di materia, la tracciabilità puntuale dei componenti e la predisposizione di piani di smontaggio selettivo. I Criteri Ambientali Minimi (CAM), aggiornati con il Decreto Ministeriale 23 giugno 2022, introducono percentuali minime di contenuto riciclato e indicazioni di sostenibilità, ma non prevedono l'obbligo di registri digitali costantemente aggiornati[3]. Analogamente, il nuovo Codice dei Contratti Pubblici (D.Lgs. 36/2023) fa riferimento all'economia circolare in modo programmatico, senza tradurla in requisiti tecnici verificabili e sanzionabili.
Nei Paesi Scandinavi, al contrario, la sostenibilità materiale è stata integrata nei quadri regolativi come requisito tecnico effettivo e come dimensione fondativa della qualità edilizia. In Svezia, il Boverkets Byggregler (BBR) e le direttive attua-

tive BFS 2024:9 prevedono l'obbligo di redigere un Material Passport, un documento digitale che accompagna ogni edificio e registra le informazioni sui materiali, le loro caratteristiche ambientali (energia incorporata, emissioni, riciclabilità) e le strategie di smontaggio[4]. Questo strumento è integrato nel Building Logbook, che viene costantemente aggiornato e costituisce prova documentale della conformità ai requisiti ambientali. Tra i casi emblematici, il quartiere Hammarby Sjöstad a Stoccolma rappresenta un laboratorio di applicazione del material tracking su scala urbana.

In **Danimarca**, il BR18 lega la circolarità degli elementi costruttivi agli obiettivi di decarbonizzazione e resilienza. Ogni progetto superiore a 1.000 mq deve includere un Circularity and Materials Management Plan, validato dall'autorità edilizia e aggiornato lungo tutto il ciclo di vita nel Building Logbook[5]. Il piano riporta la provenienza dei materiali, con percentuali minime di contenuto riciclato per categorie prioritarie come calcestruzzo, acciaio e legno, e descrive le modalità di smontaggio selettivo e riuso. Un elemento innovativo è l'obbligo di audit indipendenti per certificare la coerenza tra dichiarazioni e forniture reali. Il programma Realdania ha avuto un ruolo centrale nello sviluppo di piattaforme digitali per la tracciabilità e la modellazione BIM della circolarità.

La **Norvegia**, con il TEK17, ha introdotto un modello in cui la gestione circolare si integra con la modellazione digitale. Ogni edificio superiore a 500 mq deve disporre di un Materials Traceability Model, parte del Facility Information Model, che documenta in tempo reale l'inventario dei componenti e i loro impatti ambientali[6]. La normativa stabilisce requisiti minimi di contenuto riciclato e limiti di sostanze nocive, mentre la documentazione digitale ha valore legale e viene aggiornata obbligatoriamente in caso di interventi

significativi. La possibilità di collegare il Digital Twin all'inventario materiali consente di monitorare la durata residua e pianificare interventi di sostituzione selettiva.

In **Finlandia**, il Land Use and Building Act e le linee guida ministeriali promuovono una visione di ciclo di vita integrale. Il Materials and Circularity Plan è parte vincolante del progetto esecutivo e deve contenere simulazioni LCA (Life Cycle Assessment), bilanci del carbonio e strategie di recupero e riuso[7]. La piattaforma **Lupapiste** archivia i dati e li rende consultabili, creando una banca dati che alimenta il miglioramento continuo delle pratiche edilizie.

Un aspetto distintivo del modello scandinavo consiste nell'integrazione tra tracciabilità dei materiali, modellazione digitale e responsabilità gestionale. Material Passport e Building Logbook sostengono una base condivisa di conoscenza tecnica utile alla manutenzione programmata, al riuso e al contenimento dei costi ambientali e sanitari. Questo assetto favorisce anche la formazione di filiere locali innovative, poiché la trasparenza informativa rafforza l'affidabilità dei materiali, ne facilita la qualificazione ambientale e sostiene la valorizzazione delle risorse di recupero. Nelle linee guida Level(s) della Commissione europea[8], la tracciabilità digitale e la disponibilità di dati verificabili costituiscono condizioni essenziali per tradurre la sostenibilità in una pratica misurabile e operativa.

1 European Commission (2019)
2 UNI 11337
3 Ministero dell'Ambiente (2022)
4 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler
5 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations
6 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift
7 Ministry of the Environment Finland (2020). Circularity Guidelines
8 European Commission (2021). Level(s) User Manual

Strategie di adattamento climatico e resilienza ambientale

La crescente esposizione del patrimonio edilizio ai fenomeni connessi al cambiamento climatico: ondate di calore, alluvioni, eventi estremi, ha reso la resilienza una componente imprescindibile della qualità edilizia. Nell'ordinamento italiano, pur in presenza di norme settoriali relative alla prestazione energetica estiva o alla resistenza meccanica, manca ancora un quadro organico che renda obbligatoria una progettazione integrata delle strategie di adattamento climatico. Come discusso nei capitoli precedenti[1], la logica regolativa resta frammentata tra sicurezza statica, igiene ambientale e contenimento dei consumi, senza una impostazione unitaria della resilienza e della capacità adattativa degli edifici. Ne deriva una configurazione nella quale l'adattamento climatico viene spesso ricondotto a misure opzionali, affidate alla discrezionalità progettuale o subordinate a incentivi episodici legati alla fiscalità ambientale.

Nei Paesi scandinavi, la resilienza è stata assunta come requisito tecnico vincolante e come componente della sostenibilità sociale ed economica. In Svezia, il Boverkets Byggregler (BBR) e la Climate Adaptation Strategy 2021–2025 integrano obiettivi di neutralità climatica e riduzione della vulnerabilità attraverso obblighi prestazionali, linee guida operative e sistemi di monitoraggio continuo[2]. Le disposizioni BFS 2024:9 richiedono, per le nuove costruzioni, la verifica della capacità di controllo passivo delle temperature interne in caso di ondate di calore superiori a +4 °C rispetto alla media storica, mediante simulazioni dinamiche. Per gli edifici residenziali superiori a 500 mq è inoltre prevista l'adozione di strategie integrate contro surriscaldamento, rischio alluvionale e degrado accelerato dei materiali. Tali requisiti sono accompagnati dal Climate Resilience Plan, che entra nella documentazione di conformità edilizia e nel

Building Logbook. In diversi casi, la definizione delle strategie di adattamento si sviluppa anche attraverso processi partecipativi che coinvolgono amministrazioni locali, associazioni di cittadini e gruppi di interesse.

La **Danimarca** ha consolidato un modello analogo attraverso il Bygningsreglementet (BR18) e il programma Klimatilpasning i Byggeri, che promuove un approccio multilivello alla resilienza[3]. Ogni progetto edilizio di nuova realizzazione deve dimostrare la capacità di gestire carichi termici straordinari senza ricorso esclusivo a sistemi meccanici, documentare le soluzioni di drenaggio urbano sostenibile (SUDS) e prevedere la predisposizione di coperture e superfici permeabili idonee a mitigare l'effetto isola di calore. La logica sottesa al BR18 è di concepire la resilienza come elemento ordinario della qualità costruttiva e non come un'appendice emergenziale. A supporto di queste prescrizioni, l'Agenzia Realdania ha finanziato numerosi progetti sperimentali, tra cui KlimadataRap, piattaforma digitale che raccoglie dati in tempo reale sulle performance climatiche degli edifici[4]. La rendicontazione dei risultati è obbligatoria ogni cinque anni e costituisce prerequisito per la certificazione di conformità.

La **Norvegia**, attraverso il TEK17, ha definito requisiti puntuali sulla gestione del rischio radon, del carico neve-vento estremo e delle temperature di progetto estive[5]. La normativa stabilisce che le nuove costruzioni debbano garantire un livello minimo di comfort termico passivo anche in condizioni di blackout energetico, integrando la valutazione dei rischi ambientali nel Facility Information Model. La Sezione §13-7 del TEK17 prevede inoltre che l'idoneità degli edifici alla resilienza climatica sia certificata attraverso una dichiarazione di conformità redatta da professionisti accreditati, con obbligo di conservazione per almeno 20 anni.
In **Finlandia**, il Land Use and Building Act e le linee guida

ministeriali 2020 hanno introdotto un modello integrato in cui la resilienza è concepita come dimensione progettuale, gestionale e sociale[6]. Ogni progetto edilizio superiore a 300 mq deve includere un Resilience Plan che definisce strategie per: il controllo passivo delle temperature estive, il recupero delle acque meteoriche, la riduzione delle emissioni di VOC e la predisposizione a eventi estremi. La modellazione BIM è obbligatoria per simulare scenari di stress climatico e aggiornare i dati in fase di gestione operativa. Questa impostazione è coerente con la Direttiva EPBD 2023/1791/UE, che vincola gli Stati membri a garantire che la ristrutturazione e la nuova edificazione perseguano obiettivi di adattamento climatico integrati con la decarbonizzazione.

La resilienza climatica si colloca, in questo quadro, in stretta relazione con i requisiti di accessibilità universale e di qualità ambientale interna, poiché gli eventi estremi incidono in misura maggiore sulle condizioni di vulnerabilità già presenti. I modelli scandinavi, pur nella loro evoluzione normativa, presentano tuttavia anche criticità di ordine applicativo: recenti valutazioni del Nordic Council of Ministers rilevano che l'elevato livello di complessità tecnica può ostacolare l'attuazione da parte delle piccole imprese, con incremento dei costi iniziali e possibili barriere di accesso al mercato. La convergenza tra obblighi prestazionali, strumenti digitali e responsabilità condivisa consente comunque di leggere la resilienza climatica come principio strutturale di regolazione e tutela collettiva, oltre la sola dimensione emergenziale.

Qualità percepita e post-occupancy evaluation

1 ENEA (2024)
2 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler. BFS 2024:9
3 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations
4 Realdania (2024). KlimadataRap Digital Platform
5 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift
6 Ministry of the Environment Finland (2020). Resilience Guidelines
7 European Union (2023). EPBD Directive 2023/1791/UE

La qualità percepita e la valutazione post-occupancy restano ambiti poco sviluppati nell'ordinamento edilizio italiano. Come discusso nei capitoli precedenti, il sistema normativo attribuisce ancora un ruolo marginale alla dimensione esperienziale dello spazio costruito e alla misurazione della soddisfazione degli utenti. Anche nei casi più avanzati, come l'APE o la relazione tecnica ex L.10/1991, l'attenzione resta concentrata su parametri prestazionali oggettivi, mentre il rapporto tra progetto dichiarato ed esperienza reale dell'abitare rimane privo di un corrispondente dispositivo di verifica[2]. La qualità percepita resta così affidata a iniziative volontarie, studi sperimentali o progetti pilota, in assenza di un obbligo di misurazione in fase di esercizio e di strumenti regolativi capaci di collegare la soddisfazione dell'utenza al sistema delle responsabilità di progettisti e committenti.

Nei Paesi scandinavi, la valutazione post-occupancy è stata progressivamente integrata entro una prospettiva che mette in relazione sostenibilità sociale, innovazione tecnologica e responsabilità pubblica. In Svezia, il Boverkets Byggregler (BBR) e le linee guida dell'Agenzia per la Sanità Pubblica introducono requisiti di monitoraggio della qualità percepita come parte del processo di verifica[3]. La BFS 2024:9 prevede, per gli edifici residenziali e pubblici superiori a 1.000 mq, una valutazione post-occupancy entro 24 mesi dalla consegna, basata su questionari standardizzati e misurazioni strumentali relative a comfort termico, qualità dell'aria, illuminazione naturale e rumore di fondo. I dati raccolti confluiscono nel Building Logbook e sono resi disponibili attraverso la piattaforma digitale nazionale. In alcuni interventi di rigenerazione urbana, come Västra Hamnen a Malmö, il monitoraggio sistematico della qualità percepita è stato inoltre utilizzato per orientare le strategie di gestione e manutenzione.

In **Danimarca**, il BR18 integra l'obbligo di post-occupancy evaluation con il principio di trasparenza informativa e accountability procedurale[4]. Il regolamento prevede che tutti i progetti soggetti a finanziamenti pubblici o incentivi fiscali documentino, entro tre anni dall'entrata in esercizio, il livello di soddisfazione degli utenti attraverso la Post-Occupancy Quality Report. Questo documento, redatto secondo linee guida dell'Agenzia per l'Edilizia e validato da un ente terzo, costituisce parte integrante della dichiarazione di conformità. Un elemento distintivo del modello danese è l'obbligo di pubblicazione integrale dei dati, che consente la comparazione tra edifici e alimenta una banca dati nazionale per la ricerca e il miglioramento continuo. Esperienze recenti hanno mostrato che la complessità organizzativa e i costi di queste procedure possono rappresentare un ostacolo per le piccole imprese e i progetti di scala ridotta.

La **Norvegia**, attraverso il TEK17, stabilisce che il post-occupancy sia non solo una fase di controllo, ma uno strumento di co-progettazione retroattiva[5]. Ogni progetto edilizio di rilevanza pubblica è accompagnato da un Facility Feedback Plan, che definisce modalità e tempistiche delle valutazioni a 6, 12 e 24 mesi dall'occupazione. La Sezione §12-9 prevede che i dati raccolti – questionari di soddisfazione, misurazioni di comfort e analisi dei consumi – vengano integrati nel Facility Information Model, costituendo base per eventuali azioni correttive. La Direttiva EPBD rifusa 2023/1791/UE contribuisce a rafforzare questa impostazione, imponendo ai Paesi membri di garantire sistemi di monitoraggio continuo delle prestazioni reali e di correlazione con le aspettative degli utenti. L'integrazione della POE nel Building Logbook digitale consente di confrontare in modo trasparente le performance dichiarate e quelle effettive, alimentando strategie di manutenzione predittiva e di adattamento funzionale.

In **Finlandia**, il Land Use and Building Act e le linee guida del Ministero dell'Ambiente hanno promosso un approccio che lega la qualità percepita alla dimensione evolutiva del ciclo di vita edilizio[6]. Il Post-Occupancy Evaluation Protocol stabilisce che ogni edificio residenziale o terziario di nuova costruzione debba documentare, entro i primi due anni di esercizio, i risultati delle indagini di soddisfazione e le performance reali rispetto alle previsioni progettuali. Questi dati sono archiviati nella piattaforma Lupapiste e costituiscono un prerequisito per l'accesso a incentivi o certificazioni ambientali, come il protocollo Miljöbyggnad, che riconosce punteggi premiali agli edifici che dimostrano una qualità percepita elevata e documentata. Un aspetto innovativo del modello finlandese è l'obbligo di definire un Piano di Miglioramento Continuo, che individua le azioni correttive e le responsabilità operative. Questa impostazione rafforza anche il principio di responsabilità professionale, creando un circuito virtuoso di apprendimento e miglioramento tra progettisti, committenti e utenti finali.

La misurazione della qualità percepita è una delle poche modalità per restituire agli utenti il potere di giudicare la coerenza tra il progetto dichiarato e l'esperienza vissuta.
Il confronto con i Paesi Scandinavi evidenzia che la valutazione post-occupancy non è una formalità, ma una dimensione costitutiva della sostenibilità sociale e della responsabilità progettuale.

1 UNI 11337
2 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler.
3 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations.
4 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift.
5 Ministry of the Environment Finland (2020). Post-Occupancy Guidelines.

2.3 PROSPETTIVE DI AGGIORNAMENTO DELLA NORMATIVA ITALIANA

La revisione comparativa sviluppata nei capitoli precedenti ha evidenziato una frattura strutturale tra il quadro regolativo italiano e le esperienze più avanzate dei Paesi scandinavi, sia sul piano della cultura tecnica sia su quello della governance digitale e partecipativa. Il sistema normativo nazionale, pur avendo introdotto riferimenti rilevanti in materia di prestazione energetica (D.Lgs. 192/2005), gestione digitale (UNI 11337) e accessibilità (D.M. 236/1989), conserva un'impostazione prevalentemente prescrittiva, fondata su requisiti minimi di conformità ex ante e su una frammentazione delle responsabilità lungo il ciclo di vita dell'edificio[1]. Ne deriva un assetto che tende a ricondurre la sostenibilità a un adempimento dichiarativo e a collocare l'esperienza dell'utente in un ambito ancora privo di obblighi strutturati di monitoraggio, verifica e aggiornamento. Le esperienze scandinave, con particolare riferimento ai modelli normativi di Svezia, Danimarca, Norvegia e Finlandia, mostrano invece la possibilità di un ordinamento più evoluto e coerente con i principi europei di decarbonizzazione (EPBD Recast 2023/1791/UE), transizione digitale (Regolamento UE 2018/1724) e inclusione sociale (Direttiva 2014/24/UE sugli appalti pubblici)[2]. Queste esperienze convergono su alcuni assi strategici che potrebbero rappresentare un riferimento per l'aggiornamento del quadro regolativo italiano:

- **La centralità della qualità ambientale interna come diritto collettivo.**
  Il modello svedese del Building Logbook, un registro digitale aggiornabile che documenta la qualità dell'aria, l'umidità relativa, la rumorosità e il comfort percettivo, offre un paradigma di trasparenza e responsabilità[3]. Integrare nel nostro ordinamento l'obbligo di monitorag-

gio sistematico delle condizioni indoor e la pubblicazione periodica dei dati significherebbe riconoscere che la salubrità non è una variabile residuale ma un requisito essenziale di tutela della salute pubblica, come sottolineato dall'OMS e da studi recenti (WHO, 2010; Lowe, 2015)[4].

- **La responsabilità estesa lungo il ciclo di vita dell'edificio.** Come emerge dall'esperienza danese del Digital Construction Initiative, la transizione digitale non si limita al modello BIM in fase di progettazione, ma implica la creazione di un Digital Twin operativo e di un Piano di Manutenzione evolutivo, integrato con il Fascicolo del Fabbricato[5]. In questa prospettiva, la responsabilità del progettista e del committente si prolunga in fase di esercizio, alimentando un ciclo virtuoso di aggiornamento e miglioramento continuo (Eastman et al., 2011). La disponibilità costante di dati misurabili consente di verificare la coerenza tra prestazioni dichiarate e prestazioni reali.
- **La predisposizione alla trasformazione e alla reversibilità degli spazi.**
  Il modello svedese e norvegese di adaptable dwelling e la prassi finlandese del Piano di Adattabilità dimostrano che la flessibilità distributiva può diventare un requisito tecnico vincolante[6]. La previsione di superfici minime predisposte al frazionamento, la modulazione dei servizi igienici e la possibilità di inserire dispositivi di supporto alla mobilità consentono di rispondere ai cambiamenti biografici degli utenti senza ricorrere a ristrutturazioni invasive.
- **La co-progettazione come componente essenziale della qualità edilizia**
  L'esperienza dei Participation and Evaluation Plan finlandesi e del Protocollo di Dialogo norvegese sottolinea che la partecipazione non è una concessione discrezionale ma un diritto collettivo codificato[7]. La sua in-

tegrazione in un sistema digitale interoperabile (p.es. il portale Altinn o la piattaforma Lupapiste) garantisce trasparenza, accountability e una misurazione oggettiva della qualità percepita. In Italia, l'assenza di una disciplina organica sulla co-progettazione determina un deficit di legittimazione e un impoverimento del capitale sociale.

- **La circolarità dei materiali e la tracciabilità informativa**
  Il modello danese di Material Passport e la correlazione con le politiche europee del Level(s) evidenziano la necessità di inserire nell'ordinamento italiano un sistema di tracciabilità obbligatoria dei materiali, che ne consenta la futura dismissione e il recupero in chiave circolare (European Commission, 2021)[8]. La gestione trasparente dei flussi di materia può favorire lo sviluppo di filiere industriali locali e generare vantaggi economici sul lungo periodo.
- **La gestione adattativa al cambiamento climatico**
  Nei Paesi Scandinavi, i regolamenti edilizi prevedono soglie prestazionali specifiche di resistenza termica e strategie di mitigazione (ombreggiamenti, ventilazione passiva, sistemi di allerta) come requisiti vincolanti di progetto e gestione. In Italia, la strategia climatica è relegata a linee guida non vincolanti e a sperimentazioni locali, mancando un quadro nazionale integrato (DDR, 2024). Alla luce di queste esperienze, si delineano alcune direttrici strategiche per un'ipotesi di riforma normativa italiana:
  1. Riconoscere la qualità ambientale interna come diritto tutelato e prevedere soglie vincolanti per VOC, CO_2, comfort termico e acustico.
  2. Istituire un Building Logbook digitale obbligatorio, aggiornato lungo il ciclo di vita, integrato con APE e Fascicolo del Fabbricato.
  3. Rendere vincolante il Piano di Adattabilità come al-

legato al progetto esecutivo per edifici nuovi o ristrutturati oltre una soglia di superficie.

4. Stabilire l'obbligo di Post-Occupancy Evaluation entro 24 mesi, con pubblicazione dei dati e Piano di Miglioramento Continuo.
5. Introdurre un sistema nazionale di tracciabilità dei materiali da costruzione e requisiti minimi di circolarità.
6. Collegare l'accesso a incentivi fiscali e finanziari alla certificazione del monitoraggio in esercizio e al rispetto dei requisiti di qualità percepita.

Questa ipotesi di modello normativo si colloca entro l'obiettivo della ricerca, che consiste nell'esaminare la possibilità di trasformare la disciplina edilizia italiana da un impianto prescrittivo e statico in un sistema capace di integrare qualità esperienziale, sostenibilità ambientale e inclusione sociale. La convergenza tra regolazione tecnica, accountability digitale e partecipazione definisce, in questa prospettiva, la cornice di una possibile riforma fondata su responsabilità, innovazione e tutela dell'utente finale. Il progetto viene così assunto sia come configurazione formale dello spazio sia come processo di costruzione negoziale di significati condivisi[9], mentre l'evoluzione della normativa edilizia si collega alla progressiva integrazione tra qualità architettonica, salubrità, adattabilità e trasparenza dell'ambiente costruito. Ne deriva il passaggio da un'edilizia fondata sul solo rispetto prescrittivo a un'edilizia orientata agli obiettivi, nella quale responsabilità progettuale, trasparenza dei processi e diritto collettivo a un ambiente costruito salubre, flessibile e inclusivo definiscono i riferimenti di una possibile revisione del quadro italiano.

---

1 UNI 11337.
2 European Commission (2023). EPBD Recast Directive.
3 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler.
4 WHO (2010). Indoor Air Quality Guidelines.
5 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations.
6 Direktoratet for byggkvalitet (2017). TEK17 – Byggteknisk Forskrift.
7 Ministry of the Environment Finland (2020). Participation Guidelines.
8 European Commission (2021). Level(s).
9 Sanoff, H. (2000).

2.4 ANALISI DEL PROCESSO EDILIZIO

La ricognizione condotta nei capitoli precedenti ha permesso di evidenziare un divario strutturale tra il quadro normativo italiano e le esperienze regolative dei Paesi Scandinavi, tanto sul piano della cultura tecnica quanto su quello della capacità di integrare strumenti digitali lungo l'intero ciclo di vita dell'edificio[1]. Se da un lato il nostro ordinamento ha maturato sensibilità verso la sostenibilità ambientale e l'innovazione digitale[2], dall'altro persiste una concezione lineare e prescrittiva del processo edilizio, in cui la responsabilità del progettista si esaurisce spesso con l'ottenimento dei titoli autorizzativi e la verifica formale di conformità[3].

Questa parte della tesi ha inteso mostrare come sia possibile immaginare un modello regolativo evoluto, ispirato ai principi di tracciabilità informativa, responsabilità estesa, interoperabilità[4] e centralità dell'esperienza d'uso[5]. La distanza fra la dimensione normativa e la sua effettiva traducibilità operativa richiede un ulteriore livello di sperimentazione.
In questa prospettiva, la parte successiva del lavoro si propone di esplorare un percorso applicativo che tenti di riconfigurare le fasi del processo edilizio codificate dalla normativa UNI 10838[6], utilizzandole come matrice di riferimento su cui innestare strumenti digitali avanzati. La UNI 10838, pur nella sua impostazione sequenziale, rappresenta un quadro sistematico utile per definire ruoli, responsabilità e output attesi nelle quattro fasi canoniche (programmazione, progettazione, produzione e gestione), che nel presente lavoro saranno reinterpretate in chiave evolutiva come: progettazione, produzione (fabbricazione degli elementi), costruzione (cantiere) e gestione.

La sfida di questa ricerca consisterà nel verificare in che misura la struttura originaria possa essere riformulata alla luce di:

- ambienti di progettazione computazionale e parametrica[7]
- sistemi di raccolta e analisi dati basati su intelligenza artificiale[8]
- piattaforme di interoperabilità e gemelli digitali[9]
- strumenti di realtà aumentata e virtuale applicati alla comunicazione progettuale e alla fase di cantiere[10]
- modelli di tracciabilità dei materiali e gestione predittiva[11]
- pratiche di progettazione partecipativa e co-decisione[12]

La sezione che seguirà entrerà nel dettaglio di questo percorso sperimentale, presentando un modello operativo che integra le potenzialità dei sistemi digitali con le esigenze di trasparenza, adattabilità e misurazione della qualità. Il metodo sarà illustrato attraverso casi studio reali, in cui le tecniche computazionali e i flussi informativi sono stati applicati per verificare la fattibilità di un processo edilizio più aperto, reattivo e orientato all'esperienza dell'utente. Questa fase applicativa non si limiterà a validare l'ipotesi di una transizione digitale come strumento di efficienza, ma si interrogherà sulle implicazioni culturali e operative di un cambiamento che riguarda il ruolo stesso del progettista e la relazione fra regole, pratiche e aspettative sociali.

La dimensione riflessiva del progetto emerge soprattutto quando la disciplina si confronta con la complessità delle trasformazioni in atto.[13] La sfida non è solo tecnica: è la possibilità di dimostrare che un diverso modo di concepire il processo edilizio può generare forme di qualità misurabili e condivise.

---

1 Boverket (2024). BBR – Boverkets Byggregler
2 European Commission (2021). Level(s)
3 Eastman, C. et al. (2011)
4 Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 Building Regulations
5 Sanoff, H. (2000)
6 UNI 10838 – Processo Edilizio
7 Lawson, B. (2006)
8 Schön, D. A. (1983)
9 Ministry of the Environment Finland (2020). Participation Guidelines
10 Marchesi, G. (2004)
11 European Commission (2019). European Green Deal
12 WHO (2010). Indoor Air Quality Guidelines
13 Schön, D.

2.5 PROSPETTIVE DI AGGIORNAMENTO DEL PROCESSO EDILIZIO

Nel panorama italiano, il processo edilizio rappresenta una struttura complessa e stratificata, frutto di sedimentazioni normative, evoluzioni storiche, visioni disciplinari e trasformazioni sociali. Da sempre, l'ambiente costruito è espressione di un sistema in cui si intersecano bisogni collettivi, decisioni politiche, competenze tecniche e sensibilità culturali. Il processo edilizio si configura quindi come una rete articolata, che coniuga produzione fisica e costruzione simbolica, gestione del territorio e responsabilità pubblica.
Storicamente, questo processo è stato descritto secondo una scansione sequenziale e razionale, suddivisa in cinque fasi principali: programmazione, progettazione, produzione, costruzione e gestione. Questa struttura è stata formalizzata in Italia soprattutto attraverso la norma UNI 10838:1999, che ha fornito un riferimento tecnico-organizzativo chiaro per il settore edilizio[1]. Ogni fase è associata a specifici ruoli, attività, responsabilità e strumenti, con l'obiettivo di assicurare efficienza, trasparenza e qualità del risultato finale.

Questa impostazione deriva in gran parte da una visione "fordista" dell'edilizia: l'edificio inteso come prodotto industriale, da realizzare secondo passaggi ordinati, pianificabili e controllabili. Questa logica si riflette anche nelle normative parallele, come il D.P.R. 554/1999, che regolava i contratti pubblici di lavori, o il più recente D.Lgs. 36/2023, il nuovo Codice dei Contratti, che mantiene la suddivisione in lotti funzionali e fasi prestabilite[2].
Questa visione ha mostrato negli anni crescenti limiti ri-

1 UNI 10838:1999
2 D.P.R. 554/1999; D.Lgs. 36/2023
3 Docci, M., & Chiavoni, E. (2017)

spetto alla realtà contemporanea dell'architettura. In un contesto caratterizzato da complessità ambientale, interdisciplinarità, accelerazione tecnologica e pluralità di attori, il modello lineare del processo edilizio appare parziale e spesso inadeguato[3]. Le fasi non si susseguono più in modo rigido, ma si contaminano, si accorciano, si sovrappongono. Il progetto nasce in dialogo con il cantiere; la gestione influisce già sulla progettazione iniziale; la programmazione deve tener conto di cicli di vita e scenari futuri.
Nel dibattito teorico degli anni Settanta, l'approccio procedurale alla progettazione edilizia è stato oggetto di revisione critica, con la proposta di modelli partecipativi e inclusivi[4]. Parallelamente, è stata sostenuta l'integrazione tra territorio e progetto, in opposizione a una concezione esclusivamente tecnica del processo[5]. È stata inoltre richiamata la centralità della responsabilità progettuale nei processi ambientali complessi[6].

Le riflessioni internazionali più recenti sul processo edilizio confermano queste istanze critiche. Il RIBA Plan of Work nel Regno Unito, il modello tedesco HOAI e la Loi MOP in Francia mostrano, pur nelle differenze di contesto, una riorganizzazione delle fasi fondata su maggiore trasparenza procedurale, coerenza tra obiettivi e strumenti e riconoscimento del ruolo del progettista[7]. Ne emerge un orientamento comune, volto a superare una logica esclusivamente lineare e prescrittiva a favore di un modello più ciclico, adattivo e sistemico. Anche in Italia, pur nel permanere di vincoli formali, sono emersi alcuni segnali di trasformazione, legati a nuove forme di committenza, a strumenti normativi integrati, a logiche di project management e a una crescente

4 De Carlo, G. (1972)
5 Gregotti, V. (1966)
6 Maldonado, T. (1971)
7 RIBA (UK), HOAI (Germania), Loi MOP (Francia)
8 Benevolo, L. (2001)

attenzione per la fase di gestione e manutenzione dell'opera, a lungo rimasta marginale[8]. Rimane tuttavia una distanza tra apparato normativo e pratiche operative, che richiede una rinnovata riflessione critica sul processo edilizio. Entro questo scenario, si propone una rilettura delle cinque fasi canoniche del processo edilizio secondo la traccia della UNI 10838, sviluppata attraverso una duplice chiave: da un lato l'approfondimento normativo e operativo, dall'altro una lettura culturale del processo come dispositivo di trasformazione. Ciascuna fase verrà quindi analizzata nella sua articolazione interna, nelle criticità ricorrenti, nei riferimenti normativi aggiornati e, ove opportuno, nel confronto con esperienze estere o modelli alternativi.

1. Programmazione

Nel cuore del processo edilizio, la fase di programmazione costituisce il primo e fondamentale atto di formalizzazione degli intenti, in cui le esigenze latenti della committenza iniziano a prendere forma architettonica. Essa non si limita alla pianificazione amministrativa o economica, ma rappresenta una vera e propria predisposizione culturale e strategica all'azione progettuale. In questo passaggio si costruisce il "senso dell'opera" e si definiscono le coordinate attraverso cui l'intervento potrà rispondere a una pluralità di esigenze funzionali, sociali, prestazionali, contestuali[1].

La segmentazione tradizionale del processo edilizio trova una delle sue codificazioni più rilevanti nella norma UNI 10838:1999, la quale descrive le fasi del processo attribuendo a ciascuna funzione specifiche attività, responsabilità, strumenti e obiettivi[2]. In particolare, la programmazione viene definita come quell'insieme organico di attività deputate alla determinazione delle finalità generali e specifiche dell'intervento, alla definizione dei vincoli operativi e

dei requisiti prestazionali, e all'identificazione dei soggetti coinvolti. Sebbene pubblicata in un'epoca antecedente alle più recenti innovazioni metodologiche, la norma conserva il merito di avere tracciato con chiarezza una prima articolazione formale del ciclo edilizio, ancorandolo a una logica di responsabilità distribuite e di controllo qualitativo per fasi[3].
In origine, questa articolazione aveva l'obiettivo di garantire trasparenza, tracciabilità e qualità del costruito, stabilendo regole chiare per ogni passaggio – dalla committenza iniziale alla manutenzione finale dell'opera[4]. L'approccio si ispira a una logica industriale di produzione, in cui l'edificio è trattato come un prodotto tecnico da pianificare, assemblare e gestire secondo criteri di efficienza e replicabilità[5].
A fianco della UNI 10838, anche l'evoluzione normativa ha contribuito a consolidare la centralità della fase programmatoria: dal D.P.R. 554/1999, al D.Lgs. 50/2016, fino al D.Lgs. 36/2023 (nuovo Codice dei Contratti Pubblici), il legislatore ha progressivamente definito contenuti, responsabilità e strumenti specifici per una programmazione più strategica e multidisciplinare[6].
In questa fase, la figura del committente – pubblico o privato – assume un ruolo centrale e operativo. Egli si fa promotore di un'idea di spazio che non è ancora progetto, ma già decisione politica e culturale. In ambito pubblico, la committenza è tenuta a formalizzare un primo insieme di esigenze tramite documenti come il quadro esigenziale e il documento preliminare alla progettazione, entrambi previsti dal Codice dei Contratti[7]. Questi strumenti costituiscono la matrice iniziale per i successivi livelli progettuali, e permettono di strutturare l'intervento nel rispetto delle esigenze funzionali, economiche, normative e contestuali.
Il concetto di "esigenza" non va inteso come un bisogno tecnico astratto, ma come risultato di un processo complesso di osservazione, ascolto e analisi. Ogni programma edilizio si innesta all'interno di un sistema di condizioni preesistenti:

il sito, le norme urbanistiche, le risorse finanziarie, le aspettative dell'utenza; deve confrontarsi con limiti, opportunità e vincoli già dati[8]. In questo senso, il programma funzionale rappresenta un ibrido tra intenzione e fattibilità, tra aspirazione e vincolo.

Storicamente, la fase di programmazione ha avuto un ruolo rilevante nella cultura edilizia italiana. A partire dagli anni Sessanta e Settanta, essa è stata utilizzata per razionalizzare il rapporto tra edilizia pubblica e bisogni collettivi, in particolare nella pianificazione di infrastrutture scolastiche, sanitarie e universitarie[9]. In quelle esperienze, richiamate frequentemente nella letteratura tecnica, la fase programmatoria ha rappresentato un momento di sintesi tra visione politica e risposta architettonica.

Il ruolo del progettista in questa fase non è ancora operativo in senso stretto, ma può già essere consultivo. In molti contesti, specialmente pubblici, la committenza attiva tavoli di indirizzo o concorsi di idee finalizzati a esplorare scenari progettuali compatibili con le esigenze programmatiche. In altri casi, ricorre a consulenti specializzati nella pianificazione funzionale, con competenze trasversali tra architettura, economia e gestione. Si configura così una relazione anticipata tra domanda e risposta progettuale, che pur non essendo ancora formale, orienta significativamente le scelte future.

Tra gli strumenti operativi della fase programmatoria rientrano: analisi preliminari, studi di fattibilità tecnico-economica, valutazioni di impatto (ambientale, sociale, economico), e analisi localizzative. Attraverso questi strumenti, il programma si configura come una strategia multilivello, in cui l'edificio è pensato in relazione all'utenza, alla morfologia urbana, ai servizi e al ciclo di vita dell'opera[10]. Inoltre, in questa fase vengono delineati i criteri prestazionali attesi (efficienza energetica, accessibilità, modularità, sostenibilità, durabilità), che costituiranno vincoli guida per la proget-

tazione successiva.

Un elemento centrale, sebbene non esplicitamente previsto dalla UNI 10838, è la partecipazione dell'utenza finale. Un progetto che non tiene conto delle pratiche d'uso rischia di produrre soluzioni formalmente corrette ma inadeguate sotto il profilo sociale[11]. Strumenti consultivi come interviste, workshop, focus group e sondaggi possono essere integrati nella fase programmatica per costruire un legame diretto tra le esigenze reali e l'ipotesi architettonica.
La programmazione definisce le prime cornici giuridiche, economiche e temporali dell'intervento. Un programma redatto con accuratezza tutela la committenza da contestazioni e permette un maggiore controllo su eventuali varianti progettuali. La sua efficacia incide direttamente sull'intero processo edilizio, non solo come atto tecnico ma come fondamento strategico e decisionale. Nel quadro contemporaneo, sempre più complesso e multidisciplinare, la programmazione va quindi sottratta all'automatismo burocratico, per essere riconosciuta come fase di alta responsabilità, in cui si intrecciano visione culturale, pianificazione normativa e costruzione operativa dell'opera.

1 Docci, M., & Chiavoni, E. (2017)
2 UNI 10838:1999
3 Maldonado, T. (1971)
4 Gregotti, V. (1966)
5 Ibid
6 D.Lgs. 36/2023 – Codice dei contratti pubblici
7 Ivi, Art. 23 e Allegato I
8 Benevolo, L. (2001)
9 Attenni, M., & Rossi, M. (2022)
10 Rizzo, M. (2021)
11 De Carlo, G. (1972)

2. Progettazione

A partire dalle indicazioni definite in fase programmatoria, la progettazione rappresenta il momento in cui l'idea inizia a tradursi in forma costruibile, attraverso un'elaborazione tecnica progressiva che consente di passare dal concetto alla realizzazione. Non si tratta soltanto della redazione di elaborati grafici o computi metrici, ma di un'attività complessa e articolata, in cui convergono creatività e razionalità, competenze tecniche e sensibilità architettonica. È in questa fase che l'opera edilizia assume consistenza funzionale, valore formale e coerenza normativa[1].

Secondo la norma UNI 10838:1999, la progettazione è definita come l'insieme coordinato delle attività finalizzate a sviluppare soluzioni conformi al programma funzionale e ai requisiti prestazionali dell'intervento. La norma individua tre livelli fondamentali: progetto di fattibilità tecnico-economica, progetto definitivo e progetto esecutivo, che si susseguono in modo progressivo, con gradi di approfondimento e responsabilità crescenti[2]. Questo approccio stratificato consente un controllo graduale della complessità progettuale, assicurando nel contempo flessibilità decisionale e rigore documentale.

Un primo esperimento strutturato di progettazione per livelli fu introdotto nei programmi di edilizia pubblica del secondo dopoguerra. Il Piano INA-Casa (1949–1963), promosso da Amintore Fanfani, non solo avviò un vasto programma abitativo, ma stabilì per la prima volta in Italia un sistema centralizzato di validazione progettuale: attraverso commissioni tecniche, controlli tipologici e verifiche urbanistiche, si consolidò una cultura della progettazione progressiva che oggi trova eco nelle attuali fasi normative[3].

Nel contesto normativo contemporaneo, la disciplina della progettazione è regolata dal D.Lgs. 36/2023 (nuovo Codice

dei Contratti Pubblici), che definisce funzioni, contenuti e soggetti coinvolti in ciascuna fase[4]. Il progetto di fattibilità rappresenta il primo momento di formalizzazione delle scelte progettuali: elaborato sulla base del documento preliminare, ha lo scopo di valutare le alternative tecniche, localizzative e funzionali, fornendo un quadro delle criticità, delle stime economiche e delle compatibilità normative. Il progetto definitivo approfondisce le scelte effettuate, verificando la coerenza dell'intervento rispetto agli obiettivi prestazionali, ambientali ed economici. In questa fase vengono prodotti elaborati grafici di dettaglio, relazioni specialistiche, computi metrici, cronoprogrammi e quadri economici. Infine, il progetto esecutivo rappresenta il livello massimo di definizione tecnica e operativa: esso contiene tutte le informazioni necessarie per l'esecuzione dell'opera, dai particolari costruttivi ai materiali, dalle tolleranze dimensionali alle modalità operative di cantiere[5].

Parallelamente alla redazione dei tre livelli progettuali, si sviluppa una fitta rete di attività tecniche e analitiche: rilievi strumentali, indagini geologiche e ambientali, simulazioni energetiche, valutazioni di impatto, modellazioni prestazionali e analisi economiche. La progettazione si configura così come un processo multidisciplinare, che richiede il coordinamento di competenze eterogenee: ingegneristiche, architettoniche, ambientali, normative e gestionali.
In questo contesto complesso, la figura del progettista capogruppo, generalmente un architetto o un ingegnere, assume un ruolo centrale nel garantire la coerenza e l'integrazione dell'intero processo. È sua responsabilità orchestrare i contributi di specialisti strutturali, impiantisti, geologi, esperti acustici, consulenti ambientali e, dove previsto, del coordinatore della sicurezza e del BIM manager[6]. Il ruolo del progettista, pur non essendo ancora operativo in senso stretto nella fase iniziale, può già assumere una funzione consultiva

nella definizione del programma funzionale e nella valutazione delle alternative progettuali.

Per supportare le decisioni e verificare la coerenza delle scelte, il team progettuale può adottare strumenti metodologici e previsionali come l'analisi SWOT, utile per identificare punti di forza, criticità e rischi dell'intervento, oppure modelli di simulazione dinamica, che consentono di anticipare le prestazioni energetiche, la sostenibilità dei materiali, la logistica del cantiere e le condizioni d'uso future. Tra questi, l'uso del Building Information Modeling (BIM) riveste un ruolo sempre più rilevante: esso consente una modellazione informativa integrata che favorisce la collaborazione tra discipline, il controllo degli errori, la gestione delle interferenze e la pianificazione di tempi e costi in modo predittivo e trasparente[7].
Dal punto di vista giuridico, la progettazione è una fase a elevata responsabilità. Gli elaborati progettuali, una volta validati, acquisiscono valore contrattuale e vincolante; i progettisti devono garantirne la conformità alle normative tecniche e regolamentari vigenti, comprese le Norme Tecniche per le Costruzioni, i regolamenti edilizi comunali, le direttive ambientali e le normative UNI, ISO e CEI applicabili.
La progettazione non è solo un atto tecnico: è anche uno spazio di interpretazione culturale e sociale. Progettare significa leggere il territorio, comprendere le dinamiche del costruito e costruire senso attraverso lo spazio[8]. L'opera architettonica si configura come un mediatore tra funzioni, esigenze dell'utenza e valori collettivi.

Negli anni Sessanta, la disciplina progettuale urbana venne ulteriormente formalizzata con l'introduzione degli standard urbanistici (D.M. 1444/1968), che definivano i rapporti minimi tra costruito e dotazioni collettive. Questo passaggio non fu solo tecnico, ma culturale: impose alla proget-

tazione pubblica la responsabilità di rispondere ai bisogni educativi, sociali e ambientali delle comunità, promuovendo un'architettura di servizio, fondata su criteri verificabili e misurabili[9].

A livello internazionale, si assiste a una crescente valorizzazione degli approcci collaborativi e partecipativi anche in ambito progettuale. L'impiego di strumenti come workshop, design review e prototipi virtuali consente di integrare nel processo anche la voce dell'utente finale, migliorando la qualità percepita del progetto e allineando le soluzioni tecniche alle reali esigenze d'uso. Anche la normativa italiana ha recepito questi principi, promuovendo strumenti come i concorsi di progettazione e i dialoghi competitivi, orientati a stimolare la qualità architettonica e l'efficienza dell'intero processo[10].

1 Docci, M., & Chiavoni, E. (2017)
2 UNI 10838:1999
3 Faludi, A. (1973)
4 D.Lgs. 36/2023
5 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, D.M. 17 giugno 2016
6 UNI 10838:1999, art. 5.1
7 UNI 11337
8 Docci, M., & Chiavoni, G. (2013)
9 D.M. 1444/1968
10 Linee guida ANAC e art. 154, D.Lgs. 36/2023

Produzione

A partire dalle definizioni e scelte maturate nella fase progettuale, la produzione rappresenta il ponte critico tra l'intenzione progettuale e l'atto costruttivo. È qui che il progetto, formalizzato nei suoi molteplici livelli, inizia a entrare nel circuito materiale della realizzazione, attraverso un sistema articolato di operazioni tecnico-amministrative, atti di validazione, contrattualizzazioni e predisposizioni operative. La produzione edilizia, intesa in questo senso, non si esaurisce in una dimensione logistica o procedurale, ma costituisce una fase nevralgica in cui si verifica l'effettiva traducibilità dell'idea in cantiere, con tutte le sue implicazioni legali, economiche e gestionali[1].

Secondo la norma UNI 10838:1999, la produzione comprende l'insieme delle attività necessarie alla predisposizione del processo realizzativo: dal controllo di coerenza tra progetto e condizioni esecutive, alla validazione degli elaborati, fino all'affidamento dei lavori e all'organizzazione delle risorse. Essa costituisce il momento in cui le scelte compiute in sede progettuale vengono consolidate e si avviano le prime operazioni esecutive, materiali e contrattuali[2]. In questa fase la governance del processo assume una dimensione operativa, e il progetto passa dalla configurazione di documento tecnico a quella di atto contrattuale e impegno economico.
Il quadro normativo contemporaneo, disciplinato dal D.Lgs. 36/2023, attribuisce alla produzione un ruolo strategico per il controllo della qualità e della trasparenza. L'affidamento dell'esecuzione non è più un semplice atto amministrativo, ma l'esito di un articolato percorso di verifica tecnico-procedurale, che culmina nella validazione del progetto. Questa validazione, obbligatoria per le opere pubbliche, è affidata a soggetti dotati di competenza e indipendenza, con l'obiettivo di ridurre il rischio di varianti, contenziosi e ritardi. La qualità della produzione è dunque strettamente connessa

alla qualità del progetto e alla capacità gestionale dell'amministrazione[3].
La figura del Responsabile Unico del Progetto (RUP), introdotta nel sistema italiano negli anni '90 e oggi pienamente strutturata dalla normativa vigente, incarna la transizione da un approccio tecnico a uno manageriale del processo edilizio. Il RUP non si limita a vigilare sugli aspetti procedurali, ma coordina attivamente tutte le fasi del processo, interfacciandosi con progettisti, validatori, imprese e autorità di controllo.

Dal punto di vista operativo, la produzione comprende la redazione del piano di gestione del cantiere, la definizione dei flussi logistici e informativi, l'organizzazione delle forniture, la predisposizione dei documenti contrattuali e di sicurezza. L'integrazione tra strumenti digitali, come le piattaforme collaborative o il Building Information Modeling (BIM) e modelli previsionali consente di anticipare criticità esecutive, coordinare le lavorazioni e ottimizzare i tempi. L'adozione del BIM consente una gestione predittiva del progetto, migliorando il controllo delle interferenze, dei costi e della pianificazione[4].
Anche se il progettista non ha più un ruolo diretto in questa fase, può essere coinvolto per chiarimenti, risoluzioni tecniche o adattamenti. A emergere in modo progressivo, invece, è la figura del Direttore dei Lavori (DL), che comincia a interfacciarsi con l'impresa e con il RUP, gettando le basi per il controllo di cantiere.
Il coordinamento della sicurezza costituisce una componente del processo di produzione: il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), redatto in fase progettuale, viene aggiornato in relazione alle specifiche dell'impresa affidataria. L'integrazione tra progettazione tecnica e prevenzione dei rischi è disciplinata dal D.Lgs. 81/2008 e concorre alla definizione della qualità complessiva dell'intervento[5].

La produzione si configura quindi come uno spazio operativo di verifica e consolidamento, in cui si misurano le capacità contrattuali e gestionali dell'intera filiera. È il momento in cui il progetto deve confrontarsi con disponibilità di materiali, condizioni di mercato, tempi ristretti e vincoli ambientali. Ogni criticità non risolta in questa fase rischia di propagarsi nel cantiere, generando inefficienze, costi aggiuntivi o conflitti.

La fase di produzione costituisce il momento di verifica della coerenza tra l'impostazione progettuale e le condizioni della sua realizzazione, tra il disegno e l'organizzazione operativa. È stata definita come momento di verifica del pensiero nella sua traduzione esecutiva, configurandosi come passaggio intermedio tra la progettazione e la costruzione.

1 Docci, M., & Chiavoni, E. (2017)
2 UNI 10838:1999
3 ANAC (2023)
4 UNI 11337
5 D.Lgs. 81/2008

Costruzione

Conclusa la fase di produzione, in cui il progetto si consolida in contratto e il cantiere viene organizzato nei suoi presupposti tecnici e giuridici, la fase della costruzione segna l'avvio concreto dell'opera edilizia. È il momento in cui l'idea architettonica si trasforma in realtà costruita, attraverso l'attivazione del cantiere, la messa in opera dei materiali, la gestione delle risorse e il controllo dei processi esecutivi. La costruzione rappresenta, al tempo stesso, un atto tecnico, organizzativo e simbolico: è la verifica pratica del progetto, ma anche la sua incarnazione nello spazio e nel tempo[1].

Secondo la norma UNI 10838:1999, la costruzione comprende l'insieme delle attività esecutive finalizzate alla realizzazione dell'opera, nel rispetto delle prescrizioni progettuali, dei vincoli normativi, delle condizioni contrattuali e delle procedure di sicurezza[2]. Essa coinvolge una molteplicità di soggetti: impresa esecutrice, Direttore dei Lavori, Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione, collaudatori e si articola in fasi operative: dall'impianto di cantiere alla realizzazione delle strutture, dagli impianti tecnologici alle finiture, fino ai collaudi e alle verifiche finali.

Nel contesto attuale, il D.Lgs. 36/2023 ha rafforzato il quadro regolativo della fase esecutiva, introducendo meccanismi di controllo più stringenti sull'andamento del cantiere, sulla conformità dell'opera e sulla tracciabilità delle modifiche in corso d'opera[3]. Il Direttore dei Lavori, figura centrale in questa fase, è responsabile della redazione di verbali, rapporti di avanzamento, certificazioni di regolare esecuzione e atti contabili che attestano lo stato di avanzamento dell'opera e autorizzano i pagamenti. Ha il compito di garantire che l'esecuzione rispetti fedelmente il progetto approvato, le specifiche tecniche, il cronoprogramma e gli standard di qualità previsti.

Un passaggio cruciale è rappresentato dalla contabilità dei

lavori e dalla redazione dei SAL (Stati di Avanzamento Lavori), che costituiscono la misura documentale e contabile dell'opera eseguita. I SAL sono la base per l'emissione dei certificati di pagamento e per il monitoraggio finanziario e temporale dell'intervento. La loro gestione accurata garantisce trasparenza, equità e correttezza nei rapporti tra stazione appaltante e impresa esecutrice.
Anche la figura del RUP continua a svolgere un ruolo essenziale nella vigilanza e nel coordinamento, specialmente nei confronti delle imprese esecutrici e subappaltatrici. La normativa gli impone l'obbligo di verificare la corretta attuazione degli obblighi contrattuali e delle clausole sociali e ambientali eventualmente inserite nei bandi. In questa fase, si consolidano le dinamiche relazionali tra committenza, progettazione e impresa, e il cantiere diviene il luogo fisico e simbolico in cui queste relazioni trovano la loro verifica concreta.

Un elemento di crescente centralità è la gestione della sicurezza, disciplinata dal D.Lgs. 81/2008, che prevede l'obbligo di nomina di un Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione (CSE). Questa figura ha il compito di verificare l'applicazione delle misure di prevenzione e protezione, aggiornare il Piano di Sicurezza e Coordinamento e vigilare sull'interazione tra le diverse imprese presenti in cantiere[4].
In un sistema sempre più orientato alla prevenzione, la sicurezza diviene parte integrante della gestione tecnica, logistica e umana del processo edilizio.
La costruzione richiede la predisposizione di mezzi, attrezzature, materiali e personale, in un equilibrio dinamico tra tempi, costi e qualità. Il cronoprogramma rappresenta lo strumento fondamentale per il coordinamento tra le lavorazioni e la verifica degli scostamenti temporali. L'adozione di tecnologie digitali, come i sistemi di project management integrati o l'utilizzo del modello BIM anche in fase esecutiva,

consente oggi un controllo più raffinato delle interferenze, delle sequenze operative e delle forniture, riducendo i rischi di rallentamenti, errori e sprechi[5].

Storicamente, la costruzione è stata una delle fasi più critiche del processo edilizio, specialmente nell'ambito dell'edilizia pubblica. Nei decenni del dopoguerra, numerosi programmi di edilizia sociale, tra cui il piano INA-Casa, evidenziarono la difficoltà di conciliare progettazione di qualità, tempi certi ed economicità in fase esecutiva. Le varianti in corso d'opera, le sospensioni dei lavori, i limiti nella sorveglianza tecnica e la frammentazione delle responsabilità contribuirono, in molti casi, a determinare inefficienze e sprechi[6].
È proprio in risposta a queste criticità che il legislatore italiano ha progressivamente definito un sistema normativo più rigoroso, orientato al controllo e alla trasparenza nelle fasi esecutive. Oltre agli aspetti tecnici, la costruzione assume anche una dimensione simbolica: è il momento in cui il progetto, finora affidato a disegni, calcoli e simulazioni, acquisisce fisicità e valore percettivo. Ogni cantiere diventa così un luogo di trasformazione urbana, di conflitto e negoziazione tra pratiche, aspettative e vincoli. L'architettura costruita non è mai la mera traduzione del progetto, ma il risultato di una continua mediazione tra intenzione e contingenza, tra regola e deviazione, tra disegno e costruzione. Il cantiere costituisce il momento di verifica concreta delle scelte progettuali, nel confronto con le condizioni reali del costruire. La costruzione non esaurisce il processo, ma ne determina una nuova fase, orientata alla gestione dell'opera, alla definizione delle modalità d'uso e alle successive attività di verifica, manutenzione e trasformazione.

---

1 Docci, M., & Chiavoni, E. (2017)
2 UNI 10838:1999
3 D.Lgs. 36/2023
4 D.Lgs. 81/2008
5 UNI 11337
6 Irace, F. (1990)

Gestione

Ultimata la fase della costruzione, in cui il progetto si è concretizzato in un'opera tangibile, la gestione rappresenta l'ingresso dell'edificio nella sua dimensione vitale: quella dell'uso quotidiano, della manutenzione programmata e della trasformazione potenziale. Non si tratta di una fase marginale o terminale, ma del momento in cui l'architettura diventa infrastruttura abitata, servizio, responsabilità pubblica o privata. È qui che il costruito assume piena operatività sociale e tecnica, esprimendo la propria durabilità, flessibilità e capacità adattativa.

Secondo la norma UNI 10838:1999, la gestione è definita come l'insieme coordinato delle attività volte al mantenimento delle prestazioni funzionali, tecniche e di sicurezza dell'opera nel tempo[1]. Essa coinvolge non solo operazioni materiali come ispezioni, riparazioni e controlli, ma anche procedure amministrative, gestionali e informative, con l'obiettivo di garantire continuità d'uso, efficienza e valore del bene immobiliare.

Nel contesto normativo attuale, il D.Lgs. 36/2023 valorizza la gestione come fase strutturata del ciclo di vita dell'opera pubblica, imponendo alle stazioni appaltanti la redazione e l'attuazione di strumenti come il Piano di Manutenzione e il Sistema Informativo per la gestione patrimoniale[2]. Questo documento previsto fin dalla progettazione esecutiva secondo il DM 17 giugno 2016, fornisce le linee guida per la manutenzione ordinaria e straordinaria, includendo cronoprogrammi, istruzioni tecniche, elenchi dei materiali e piani economici di lungo periodo[3].

Dal punto di vista operativo, la gestione richiede figure e competenze specifiche: responsabili tecnici, manutentori, energy manager, facility manager, amministratori di condominio o soggetti pubblici incaricati. In contesti più avanzati, la digitalizzazione dei processi tramite modelli BIM 7D consente il controllo integrato delle componenti edilizie, delle prestazioni energetiche, delle scadenze manutentive e dei costi, offrendo così una visione predittiva e adattiva della gestione[4]. L'integrazione con

sistemi SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) consente inoltre di monitorare in tempo reale i principali impianti tecnologici, favorendo interventi tempestivi e una manutenzione predittiva efficiente. In alcuni casi, le stesse piattaforme di gestione includono strumenti per il monitoraggio delle condizioni ambientali indoor (IAQ – Indoor Air Quality), aumentando la capacità dell'edificio di rispondere in modo dinamico alle esigenze degli utenti.

La gestione assume una dimensione avanzata anche nel settore residenziale. In interventi come Cascina Merlata a Milano, la gestione condominiale è supportata da piattaforme digitali per il monitoraggio degli impianti, l'invio di segnalazioni e la programmazione degli interventi di manutenzione, accessibili direttamente dai residenti attraverso app dedicate[5]. Nel quartiere Le Albere a Trento, invece, la presenza di sistemi domotici integrati e una centrale di trigenerazione consentono il controllo in tempo reale dei consumi e la regolazione degli impianti, grazie a un sistema di gestione condiviso tra amministrazione, gestori e utenti[6]. Questi casi dimostrano come la gestione, secondo i principi della UNI 10838, possa oggi essere intesa come un processo strutturato, digitale e partecipato, in grado di garantire efficienza, qualità e sostenibilità nel tempo.
La gestione è la sede delle scelte quotidiane: è nel tempo dell'uso che si verifica la qualità reale dell'opera costruita. Ogni guasto, ogni disservizio, ogni intervento correttivo rappresenta una verifica retrospettiva della progettazione e della costruzione. E, allo stesso tempo, ogni azione di cura, ogni adattamento funzionale, ogni miglioramento impiantistico è un progetto che si rinnova, una trasformazione che proietta l'edificio verso il futuro.

---

1 UNI 10838:1999
2 D.Lgs. 36/2023
3 DM 17 giugno 2016
4 UNI 11337
5 Amministrazione Scarpellini (2023) [https://www.amministrazionescarpellini.it/progetti/cascina-merlata]
6 BTicino (2022). Le Albere – Referenza impiantistica [https://www.bticino.it/referenze/le-albere-trento]

La continuità del processo e la sua interpretazione culturale

Il processo edilizio, nel suo articolarsi in fasi distinte ma interconnesse, non è semplicemente una sequenza operativa, ma una struttura di senso che riflette il modo in cui una società costruisce, abita e trasforma il proprio spazio. Fin dalle riflessioni ottocentesche di Semper e Viollet-le-Duc, la costruzione è stata intesa come espressione culturale prima ancora che tecnica[1], e l'intero ciclo edilizio può essere letto come una narrazione materiale dell'abitare contemporaneo. Ogni fase – dalla programmazione alla gestione – non è solo una tappa funzionale, ma un luogo di decisione, di responsabilità e di cultura. Comprendere il processo edilizio significa, dunque, leggere il progetto non come un atto tecnico isolato, ma come un sistema complesso di relazioni tra attori, saperi, strumenti e vincoli. La ricostruzione sistematica delle cinque fasi, seguendo l'impianto proposto dalla norma UNI 10838:1999[2], ha permesso di evidenziare come ciascun momento del ciclo edilizio rappresenti una soglia critica, in cui si definisce la qualità dell'intervento, la sua fattibilità concreta, il suo impatto sul territorio e la sua durabilità nel tempo. Ciò che emerge con maggiore forza è che la segmentazione tradizionale, pur necessaria per ragioni gestionali e contrattuali, deve oggi essere letta in una logica integrativa e trasversale.

I confini tra fasi si fanno sempre più porosi: la progettazione dialoga con la gestione futura; la produzione incorpora strumenti digitali di modellazione; la costruzione diventa spazio di verifica progettuale e sperimentazione costruttiva; la manutenzione post-occupazionale alimenta nuove strategie di progettazione adattiva. In questo scenario, la crescente complessità tecnica, normativa e sociale richiede un approccio multidisciplinare e cooperativo, fondato su competenze ibride e capacità di visione sistemica. La figura del progettista, così come quella del committente, del tecnico di cantiere o del gestore, è chiamata a operare non più solo entro il proprio seg-

mento di competenza, ma in un sistema di co-progettazione e corresponsabilità.
Per questo motivo, più che una sequenza chiusa, il processo edilizio si configura oggi come un ciclo aperto, adattivo e circolare, in cui la qualità del costruito dipende dalla qualità delle relazioni, delle informazioni e delle decisioni assunte lungo tutto l'arco temporale dell'intervento. È la cultura del progetto a fare da filo conduttore: una cultura capace di tenere insieme istanze normative, esigenze funzionali, aspirazioni sociali e vincoli ambientali. Una cultura che non si esaurisce nei manuali tecnici, ma si alimenta anche della storia, dell'etica della responsabilità, della capacità di leggere i territori e di immaginare futuri possibili.

La progettazione può essere intesa come un processo di scelta tra alternative possibili, orientato da criteri di coerenza e necessità nel contesto dato[3]. Progettare implica quindi una responsabilità che supera la sola dimensione tecnica e incide sulle condizioni culturali e sociali del costruire. La relazione tra rigore tecnico e apertura interpretativa costituisce una componente del processo edilizio, con effetti che si estendono oltre la dimensione economica e prestazionale.

1 Cfr. Semper, G. (1860). Der Stil, e Viollet-le-Duc, E.-E. (1872)
2 UNI 10838:1999
3 De Carlo, G. (1972)

2.6 INTRODUZIONE DEGLI STRUMENTI DIGITALI NELLA NORMATIVA ITALIANA

Il processo edilizio, nel suo evolversi storico, non si presenta come una sequenza lineare e immutabile, bensì come un sistema in costante ridefinizione. Le sue fasi: programmazione, progettazione, produzione, costruzione e gestione, sono storicamente determinate, culturalmente configurate e tecnologicamente mediate. Leggere il processo edilizio nella sua continuità significa riconoscere la presenza di una struttura logica persistente; ma coglierne la trasformazione richiede attenzione alle discontinuità, alle accelerazioni e alle crisi che hanno ridisegnato ruoli, strumenti e responsabilità (UNI 10838:1999).
Nei secoli pre-industriali, progettazione e costruzione erano spesso attività inscindibili, affidate a figure come il maestro costruttore, in cui convivevano sapere tecnico, simbolico e operativo. I trattati di Leon Battista Alberti o di Andrea Palladio restituivano una visione integrata dell'architettura, dove il progetto non era separabile dall'atto del costruire. Anche nei grandi cantieri delle cattedrali gotiche o nelle opere del Rinascimento, l'edilizia era un processo fluido e adattivo, orientato alla trasformazione progressiva del costruito e alla trasmissione intergenerazionale dei saperi.

La rivoluzione industriale, con l'introduzione della meccanizzazione, dei materiali artificiali e della logica seriale, ha segnato una prima frattura profonda. Il progetto diventa documento contrattuale; il cantiere si trasforma in sistema produttivo; la costruzione si struttura in fasi e appalti separati. In Italia, le trasformazioni dell'edilizia pubblica del secondo dopoguerra, in particolare l'esperienza dell'INA-Casa (1949–1963), hanno portato alla razionalizzazione del processo edilizio attraverso standard tipologici, tempi contingentati e controlli tecnici centralizzati.

È in questo contesto che, a partire dagli anni Sessanta, compaiono i primi strumenti di informatizzazione della progettazione: i sistemi CAD (Computer-Aided Design), nati inizialmente nel campo industriale, vengono progressivamente adattati alla rappresentazione architettonica. Queste tecnologie digitali restano ancora funzionali alla grafica: non trasformano il processo, ma ne digitalizzano la rappresentazione. Si tratta di una fase che potremmo definire di "digitalizzazione illustrativa", in cui l'innovazione tecnica non si traduce ancora in un cambiamento gestionale né in una reale trasformazione del modo di costruire e organizzare il sapere progettuale.

La vera transizione si avvia negli anni Novanta, con l'emergere di un nuovo paradigma informativo. Il Building Information Modeling (BIM) introduce una logica di modellazione tridimensionale integrata, capace di includere componenti materiali, temporali, economici e gestionali all'interno di un unico ambiente digitale (Eastman et al., 2008). In parallelo, si sviluppano linguaggi e standard interoperabili come IFC (Industry Foundation Classes) e piattaforme collaborative per la progettazione integrata (BuildingSMART, 2020). Il progetto non è più solo disegno, ma struttura informativa complessa, condivisa tra attori differenti. In Italia, il quadro normativo è stato successivamente consolidato dalla UNI 11337, che definisce i requisiti e le modalità operative per la gestione digitale dell'ambiente costruito lungo tutte le fasi del ciclo di vita.

Nel contesto italiano, la pubblicazione della norma UNI 10838:1999 ha rappresentato un tentativo di ordinamento razionale del processo edilizio, attraverso la definizione delle sue fasi fondamentali. Pur nata in un'epoca pre-BIM, questa norma mostra una sorprendente compatibilità con i flussi informativi dell'attuale digitalizzazione. Proprio que-

sta coerenza ha consentito, negli anni successivi, di reinterpretare la norma in chiave evolutiva, trasformandola in una piattaforma flessibile per la transizione digitale del settore (UNI 10838:1999).
La svolta normativa più recente è rappresentata dal D.Lgs. 36/2023, che ha integrato pienamente l'obbligo di digitalizzazione nei contratti pubblici, prevedendo l'adozione progressiva del BIM, la trasparenza dei dati e la gestione digitale dei processi edilizi attraverso ambienti di condivisione dati (CDE) certificati.

La digitalizzazione non è solo una questione tecnica, ma una vera e propria trasformazione culturale e cognitiva. La digitalizzazione modifica non solo i mezzi del progetto, ma il modo stesso in cui esso viene pensato, rappresentato e condiviso. Come ha evidenziato Mario Carpo, l'architettura contemporanea tende sempre più a configurarsi come flusso informativo piuttosto che come forma statica (Carpo, 2011). Il progetto diventa un'interfaccia interattiva tra dati, utenti, sistemi urbani e ambienti costruiti. In questo senso, l'edificio stesso, attraverso sensori, dispositivi intelligenti e sistemi di monitoraggio, si comporta come un nodo attivo all'interno di una rete informativa, capace di apprendere, reagire, ottimizzare.

Questa visione è rafforzata oggi dall'ingresso di nuove tecnologie emergenti:

- **l'Intelligenza Artificiale**, già utilizzata in fase progettuale per l'ottimizzazione morfologica e in fase gestionale per la manutenzione predittiva;
- **l'Internet of Things (IoT)**, che abilita la connessione in tempo reale tra componenti edilizi, utenti e sistemi urbani;
- **i digital twin**, modelli virtuali dinamici dell'edificio, aggiornati costantemente dai dati provenienti dal mondo

fisico;
- **i sistemi di facility management integrato**, in grado di monitorare costi, consumi e performance con granularità crescente.

Queste trasformazioni delineano un nuovo ecosistema, in cui la distinzione tra fasi diventa porosa, e il ciclo edilizio si configura sempre più come **ciclo informativo**. L'opera non termina con la costruzione, ma continua a essere "progetto" anche nella gestione, nella trasformazione, nell'adattamento continuo ai contesti d'uso.
È in questo quadro che il presente capitolo assume un significato strategico: non solo descrivere l'evoluzione normativa e operativa del processo edilizio, ma fornire strumenti per reinterpretarlo come processo **adattivo, sistemico e cognitivo**, fondato sull'informazione come infrastruttura portante. Questo quadro di continuità e trasformazione digitale del processo edilizio mette in evidenza la necessità di un modello normativo più evoluto, capace di superare la frammentazione attuale e di allinearsi agli scenari europei più avanzati.

L'evoluzione normativa e tecnologica descritta non produce effetti omogenei all'interno del sistema edilizio. La transizione digitale, pur sostenuta da obblighi regolativi e da una crescente disponibilità di strumenti informativi, si confronta con un tessuto organizzativo caratterizzato da livelli differenziati di competenza, struttura e capacità di investimento. Il grado di maturità digitale delle organizzazioni rappresenta pertanto una variabile determinante nella concreta implementazione dei dispositivi normativi e nell'effettiva integrazione delle tecnologie emergenti nel processo progettuale.
La distribuzione dei livelli di maturità digitale restituisce un quadro eterogeneo: una quota limitata di organizzazioni si

colloca tra i soggetti maggiormente innovativi, una parte si attesta su una posizione intermedia, in linea con la media del settore, mentre una componente significativa evidenzia ritardi o resistenze rispetto ai processi di innovazione. Questo assetto mostra come l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi progettuali si sviluppi all'interno di strutture organizzative caratterizzate da differenti capacità di assorbimento tecnologico, livelli di competenza digitale e orientamenti culturali, che ne condizionano profondamente l'implementazione.

In questo scenario, la digitalizzazione abilitata dall'IA introduce potenzialità rilevanti: accelerazione dei cicli progettuali, miglioramento degli esiti per il committente, incremento di produttività e competitività, riduzione degli errori e rafforzamento delle performance in termini di sicurezza e sostenibilità. Essa orienta inoltre la progettazione verso una logica maggiormente esito-centrica, rendendo possibile la modellazione e la valutazione anticipata degli effetti dell'edificio su utenti, contesto e ambiente. L'effettivo avanzamento qualitativo del processo dipende dal grado di maturità digitale dell'organizzazione, che determina le modalità di integrazione degli strumenti, la profondità operativa e il livello di consapevolezza critica con cui queste tecnologie vengono adottate.

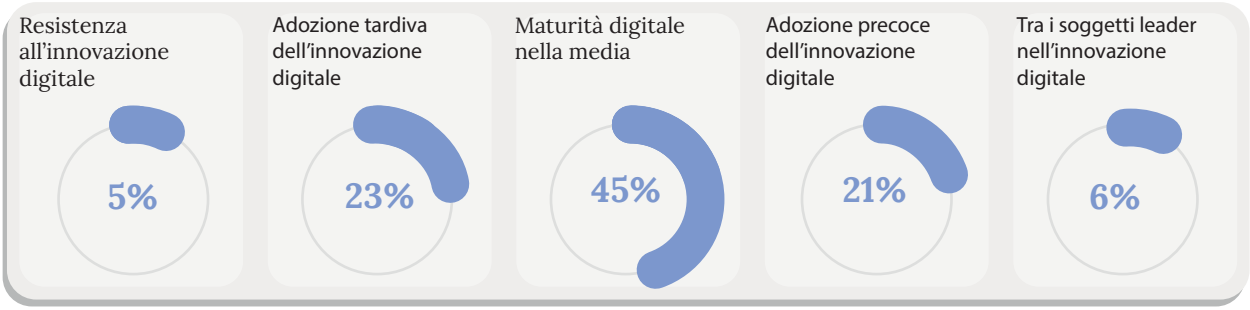


Figura 2.
Il grafico mostra la collocazione degli studi lungo una scala di maturità digitale, evidenziando l'eterogeneità nell'orientamento verso l'innovazione tecnologica.

Fonte: rielaborazione dell'autore su dati RIBA, *AI Report* 2025.

2.6.1 LIMITI OPERATIVI E INTEGRAZIONE DIGITALE

L'evoluzione digitale del processo edilizio si confronta con un insieme articolato di criticità operative, normative, culturali e infrastrutturali. Strumenti quali BIM, IoT, intelligenza artificiale e digital twin introducono possibilità di maggiore efficienza, interoperabilità e controllo; la loro integrazione nel settore edilizio presenta tuttavia ostacoli di natura sistemica.
Una delle prime criticità risiede nella disomogeneità del contesto normativo e amministrativo. In Italia, nonostante l'introduzione progressiva degli obblighi BIM nel Codice dei Contratti Pubblici (prima nel D.Lgs. 50/2016, poi nel D.Lgs. 36/2023)[1], la diffusione degli ambienti digitali di progetto è ancora a macchia di leopardo. Le stazioni appaltanti locali, evidenziano i limiti in termini di competenze tecniche, infrastrutture informatiche e capacità di controllo. L'obbligatorietà del BIM, di fatto, si scontra con un quadro operativo non sempre adeguato ad accogliere la complessità della transizione digitale.
Un secondo nodo critico riguarda la formazione professionale. Molti operatori: progettisti, tecnici, direttori dei lavori, funzionari pubblici, non dispongono di una preparazione sufficiente sull'uso avanzato degli strumenti digitali, né sulla loro integrazione nei processi decisionali e gestionali. Il rischio è che il BIM venga ridotto a un semplice strumento di modellazione grafica, perdendo la sua valenza informativa e collaborativa[2].
La mancanza di percorsi strutturati di aggiornamento, unita alla scarsa interoperabilità tra software, frena la piena adozione dei nuovi paradigmi digitali[3]. Anche i percorsi universitari e i programmi di aggiornamento professionale risultano spesso in ritardo rispetto all'evoluzione tecnologica, come segnalato anche da recenti analisi del CNAPPC e di ANCE.

L'introduzione di logiche digitali implica un profondo mutamento nei ruoli, nei flussi informativi e nelle responsabilità

professionali. Il passaggio da una gestione documentale a una gestione informativa richiede una riconfigurazione dell'intero ecosistema edilizio, non sempre accettata in modo lineare[4]. Il valore della trasparenza, della condivisione e del dato aperto spesso si scontra con pratiche consolidate, visioni gerarchiche e frammentazioni operative. Dal punto di vista infrastrutturale, le diseguaglianze tra territori e tra soggetti pubblici e privati rimangono marcate. Solo una minoranza delle stazioni appaltanti è dotata di ambienti CDE certificati, server sicuri, e personale capace di gestire flussi informativi complessi[5]. In molti casi, l'assenza di fondi per la digitalizzazione impedisce anche la sola acquisizione di software specialistici. Questo divario digitale non solo rallenta la modernizzazione del settore, ma rischia di aumentare l'asimmetria tra realtà territoriali[6].

Nonostante queste difficoltà, si stanno aprendo frontiere promettenti di sperimentazione e riconfigurazione del processo edilizio, rese possibili proprio grazie all'integrazione di tecnologie digitali emergenti.

Un ambito di grande rilevanza è quello della manutenzione predittiva e della gestione automatizzata degli edifici attraverso sistemi di Intelligenza Artificiale. In alcuni casi-pilota, come nei campus universitari o nei distretti ospedalieri, i dati raccolti da sensori e impianti vengono analizzati da algoritmi per prevedere guasti, ottimizzare i consumi e programmare interventi in anticipo[7]. Questo approccio rappresenta un salto di qualità rispetto alla manutenzione reattiva tradizionale, trasformando il concetto stesso di gestione edilizia.

Lo sviluppo di digital twin urbani, cioè modelli digitali dinamici dell'intero ambiente costruito, in grado di integrare dati climatici, comportamenti umani, flussi di traffico, e condizioni di degrado. Questi strumenti non solo migliorano la pianificazione urbana e la risposta alle emergenze, ma permettono anche simulazioni predittive per politiche pubbliche più informate[8]. Città come Helsinki, Singapore e Firenze stanno già

sperimentando ambienti in Digital Twin in tempo reale per gestire trasformazioni complesse e multilivello. A Firenze, ad esempio, il progetto del "Gemello Digitale del Centro Storico" è stato avviato nel 2023 in collaborazione con ENEA e CNR, integrando dati urbani e modelli predittivi per la tutela del patrimonio e la gestione energetica. Un fronte innovativo è costituito dai sistemi di project management integrato basati su ambienti cloud collaborativi, in cui tutti gli attori: committenza, progettisti, imprese, gestori, lavorano in tempo reale su un unico modello condiviso[9]. Questo approccio non solo riduce i tempi decisionali e i margini di errore, ma introduce un nuovo modo di "pensare il progetto" come sistema collettivo, evolutivo, aperto. Le recenti sperimentazioni in ambito AI generativa, dalle ottimizzazioni morfologiche in fase concettuale, alla generazione automatica di varianti progettuali in funzione di vincoli ambientali e normativi, mostrano come l'intelligenza artificiale non sia più un supporto accessorio, ma un vero e proprio co-progettista, in grado di espandere l'orizzonte operativo e immaginativo del settore[10]. Questi scenari impongono una riflessione ampia sul futuro del processo edilizio: non più suddiviso rigidamente in fasi sequenziali, ma riorganizzato come sistema adattivo, in cui progettazione, produzione, costruzione e gestione si influenzano reciprocamente attraverso flussi digitali continui. È in questo spazio di intersezione tra innovazione e governance, tecnica e cultura, che si gioca la possibilità di una reale trasformazione del settore, capace di coniugare qualità architettonica, sostenibilità ambientale e intelligenza operativa[11].

---

1 D.Lgs. 36/2023 – Codice dei contratti pubblici
2 EU BIM Task Group (2017)
3 UNI EN ISO 19650
4 Carpo, M. (2017)
5 BuildingSMART (2020)
6 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008)
7 AEC Innovation Lab (2021)
8 Batty, M. (2018)
9 Autodesk (2020). Connected BIM for Project Management
10 Manovich, L. (2001)
11 Schumacher, P. (2012)

2.6.2 LIMITI ATTUALI DEL SISTEMA

Nonostante l 'introduzione di strumenti digitali nel settore delle costruzioni, il sistema edilizio contemporaneo si trova ancora intrappolato in una serie di criticità strutturali, organizzative e culturali. Le promesse di efficienza, trasparenza e interoperabilità offerte dalle tecnologie informatiche si scontrano con una realtà spesso caratterizzata da frammentazione operativa, resistenza al cambiamento, limiti formativi e ostacoli normativi.

Una delle principali criticità riguarda la discontinuità informativa tra le fasi del processo edilizio. Nonostante la crescente adozione del Building Information Modeling (BIM), la modellazione viene spesso confinata alla fase progettuale, senza un effettivo trasferimento di dati verso la produzione, la costruzione o la gestione post-occupazionale[1]. Questa segmentazione digitale produce una perdita di conoscenza e una duplicazione degli sforzi, vanificando le potenzialità di un approccio realmente integrato.
A ciò si aggiunge un secondo nodo: la governance del dato digitale. Nella maggior parte dei contesti pubblici e privati, non esistono ancora strutture solide per la gestione, l'archiviazione e la condivisione dei dati informativi. I Common Data Environment (CDE) sono spesso sottoutilizzati o mal configurati, mentre le responsabilità in merito alla qualità, sicurezza e proprietà del dato rimangono ambigue[2]. Questo genera incertezza operativa e ostacola la collaborazione effettiva tra progettisti, imprese, stazioni appaltanti e gestori.
Dal punto di vista normativo, si osserva una persistente inadeguatezza del quadro regolativo nel recepire la complessità dei flussi digitali. La normativa italiana, sebbene aggiornata con il D.Lgs. 36/2023, continua a privilegiare una logica sequenziale e documentale, in contrasto con l'orizzontalità e l'interconnessione dei modelli digitali avanzati. L'assenza

di una normativa specifica sulla validità legale dei modelli BIM, o sulla certificazione delle piattaforme interoperabili, rappresenta un freno significativo alla piena adozione dei metodi digitali[3].

Un limite, spesso trascurato, è la resistenza culturale al cambiamento. La digitalizzazione non è solo un fatto tecnologico, ma implica una ristrutturazione profonda dei ruoli professionali, delle competenze richieste e delle pratiche collaborative. Molte realtà continuano a operare secondo paradigmi analogici, ostacolando l'adozione sistemica delle tecnologie emergenti. Le professioni dell'ambiente costruito mostrano una tendenza persistente a "digitalizzare l'analogico" senza ripensare criticamente i fondamenti epistemologici del proprio operare[4].
In parallelo, emerge la questione della formazione professionale e accademica. I percorsi formativi, sia universitari sia tecnici, risultano spesso disallineati rispetto alle esigenze del mercato e ai cambiamenti in corso. L'introduzione del BIM, dell'intelligenza artificiale o dell'Internet of Things nei corsi di laurea rimane episodica o settoriale, priva di un approccio trasversale in grado di leggere la digitalizzazione come fenomeno sistemico. Questo deficit formativo si traduce in una carenza di figure professionali ibride, capaci di integrare competenze progettuali, informatiche e gestionali5. Particolarmente critico è il vuoto formativo rispetto a profili emergenti richiesti dalle imprese, come il Digital Construction Manager o il BIM Data Analyst, che non trovano ancora una corrispondenza nei percorsi accademici canonici.

Vi è una scarsa attenzione alle dimensioni etiche e politiche del digitale. Le tecnologie non sono mai neutre: esse strutturano visioni del mondo, modelli decisionali e distribuzioni di potere. Il rischio è che la digitalizzazione del co-

struito venga guidata unicamente da logiche di efficienza economica, marginalizzando le esigenze di equità sociale, sostenibilità ambientale e inclusione democratica. Solo un approccio critico e interdisciplinare potrà garantire che la trasformazione digitale dell'ambiente costruito sia anche una trasformazione culturale e civile6. Ciò richiede una governance multilivello capace di integrare politiche pubbliche, pratiche formative e istanze professionali, nonché un cambiamento di paradigma nella formazione, che promuova la coesistenza tra saperi tecnici, competenze digitali e responsabilità sociale.

Oltre il BIM: le potenzialità delle tecnologie emergenti Consolidatasi ormai come infrastruttura digitale di riferimento, la metodologia BIM non rappresenta più un punto d'arrivo, ma piuttosto una piattaforma di partenza verso un'evoluzione più ampia del processo edilizio. Il settore delle costruzioni si trova infatti oggi al crocevia di una serie di innovazioni tecnologiche che ne stanno ridefinendo l'architettura cognitiva e operativa: l'intelligenza artificiale, i digital twin, l'Internet of Things (IoT), la realtà aumentata (AR) e i sistemi predittivi stanno progressivamente ampliando i confini dell'intervento progettuale, estendendolo alla previsione, all'interazione e all'adattamento continuo.
Una delle più promettenti è senza dubbio l'intelligenza artificiale, intesa come insieme di algoritmi capaci di apprendere, ottimizzare e supportare decisioni progettuali complesse. Nei contesti di progettazione generativa, l'IA è già in grado di esplorare migliaia di soluzioni spaziali a parti-

1 Bolognesi, C., & Bianconi, F. (2020)
2 Eastman, C. et al. (2018)
3 UNI 11337
4 Carpo, M. (2011)
5 Dalla Costa, M. (2021)
6 Morozov, E. (2013)

re da input funzionali, ambientali o strutturali, suggerendo layout ottimizzati secondo parametri prestabiliti[7]. Inoltre, l'apprendimento automatico trova applicazione nella simulazione delle performance edilizie (illuminazione, ventilazione, efficienza energetica), contribuendo ad anticipare criticità e a calibrare con maggiore precisione le scelte progettuali. In ambito gestionale, modelli predittivi alimentati da IA permettono di stimare con accuratezza costi, tempi e rischi operativi, configurando una progettazione "data-informed" e reattiva.

Un secondo asse evolutivo è costituito dai digital twin, sistemi di modellazione che superano la logica statica del BIM per costruire repliche digitali dinamiche dell'ambiente costruito. Alimentati da dati real-time (sensori, rilevazioni, input gestionali), i gemelli digitali permettono una visione sincronizzata dell'edificio e del suo funzionamento. Non si tratta di modelli visuali, ma di piattaforme predittive: possono simulare il degrado dei materiali, prevedere consumi, ottimizzare l'uso di spazi o reagire a condizioni ambientali mutevoli[8]. Nell'ambito della gestione di grandi infrastrutture, come ospedali, aeroporti, reti metropolitane, il digital twin consente una manutenzione predittiva, un controllo sistemico dei consumi e una gestione proattiva delle emergenze. In contesti urbani, si configura come uno strumento integrativo per la pianificazione strategica e la partecipazione pubblica.

L'Internet of Things (IoT) costituisce la spina dorsale informativa di questi sistemi. Grazie a reti di sensori, attuatori e dispositivi connessi, gli edifici diventano ambienti reattivi e sensibili, capaci di raccogliere, elaborare e restituire dati in tempo reale: dalla temperatura al grado di umidità, dalla qualità dell'aria al numero di persone presenti, dal funzionamento degli impianti ai segnali di usura strutturale[9]. L'IoT non solo supporta la modellazione digitale, ma introduce una nuova forma di interazione tra utenti e spazio costrui-

to. In molti casi, è proprio l'analisi combinata dei dati provenienti dall'IoT a nutrire i sistemi di intelligenza artificiale e a rendere operativi i digital twin.

A queste tecnologie si affianca la realtà aumentata (AR), che consente di visualizzare sovrapposizioni digitali in ambienti reali durante tutte le fasi del ciclo edilizio. In cantiere, l'uso di dispositivi come i visori HoloLens permette operazioni di assemblaggio assistito, verifica delle tolleranze costruttive e ispezioni immersive. Nella gestione post-occupazionale, l'AR favorisce interventi manutentivi puntuali e mirati, mentre in fase progettuale consente una comunicazione efficace con il committente o gli utenti finali, attraverso la rappresentazione immersiva delle soluzioni spaziali (Autodesk, 2021).

Questa infrastruttura digitale si riflette in maniera significativa anche nella gestione post-occupazionale, dove le tecnologie emergenti aprono alla possibilità di una manutenzione predittiva e adattiva. Attraverso algoritmi capaci di analizzare tendenze e anomalie, è possibile anticipare guasti, ottimizzare l'impiego di risorse, allungare la vita utile dell'edificio e ridurre i costi operativi[10]. Un esempio concreto è rappresentato da interventi come la sede direzionale Intesa Sanpaolo di Torino, dove un sistema integrato di sensori e modelli previsionali permette di controllare in tempo reale parametri energetici, comfort ambientale e fabbisogni manutentivi, in sinergia con i dati BIM 7D (ENEA & CNR, 2023).

Queste tecnologie non operano in compartimenti stagni, ma agiscono in modo integrato. L'architettura, in questa prospettiva, si trasforma in ambiente informativo adattivo, in cui ogni componente, dai materiali agli impianti, diventa un nodo attivo della rete. Il progetto stesso perde la sua tradizionale chiusura formale per divenire una piattaforma dinamica di interazione, manutenzione e trasformazione. L'edificio non è più solo un prodotto, ma un processo in continua rinegoziazione con l'ambiente, gli utenti e le poli-

tiche di sostenibilità.

La sfida, consiste non solo nell'adozione di queste tecnologie, ma nella loro integrazione critica e consapevole nel processo edilizio: occorre sviluppare competenze interdisciplinari, modelli organizzativi flessibili, protocolli interoperabili e nuove metriche di valutazione. La transizione digitale, in questo senso, non è una questione di strumenti, ma una trasformazione culturale profonda, che chiede al mondo dell'architettura e delle costruzioni di ripensare le proprie categorie operative, cognitive ed etiche.

7 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008)
8 Batty, M. (2018)
9 Bolognesi, C. (2022)
10 Accenture (2020). Predictive Maintenance in the Construction Industry. Autodesk (2021). The Future of Construction: AR and VR in the Jobsite. ENEA & CNR (2023). Digital Twin e transizione energetica urbana

2.6.3 SCENARI FUTURI

La transizione digitale nel settore edilizio, pur avviata già nei primi anni Duemila, si presenta ancora oggi come un processo incompleto e disomogeneo. Le tecnologie emergenti, dal BIM ai digital twin, dall'Internet of Things all'intelligenza artificiale, stanno progressivamente ridefinendo strumenti e metodologie, ma l'adozione reale di queste innovazioni risulta rallentata da ostacoli culturali, normativi e organizzativi[1].

Analisi recenti sull'impatto dell'intelligenza artificiale nel mercato del lavoro mostrano come la diffusione effettiva delle tecnologie digitali proceda con dinamiche più lente e disomogenee rispetto alle loro potenzialità teoriche. Uno studio pubblicato nel 2026 da Anthropic, basato sull'analisi di milioni di interazioni con modelli linguistici avanzati e sul confronto con la classificazione delle attività professionali O*NET, evidenzia un divario significativo tra la capacità teorica attribuita ai sistemi di intelligenza artificiale e il loro utilizzo concreto nelle attività professionali.11

Come mostra la Figura 1, il confronto tra copertura teorica dell'AI e utilizzo effettivo nelle diverse categorie professionali mette in evidenza uno scarto sistematico tra possibilità tecnologica e applicazione reale. In numerosi ambiti professionali i modelli linguistici risultano teoricamente in grado di supportare o automatizzare una quota rilevante di compiti cognitivi; l'adozione reale rimane più limitata e concentrata in specifiche funzioni, soprattutto nella produzione di testi, nella ricerca di informazioni e nell'elaborazione di contenuti.

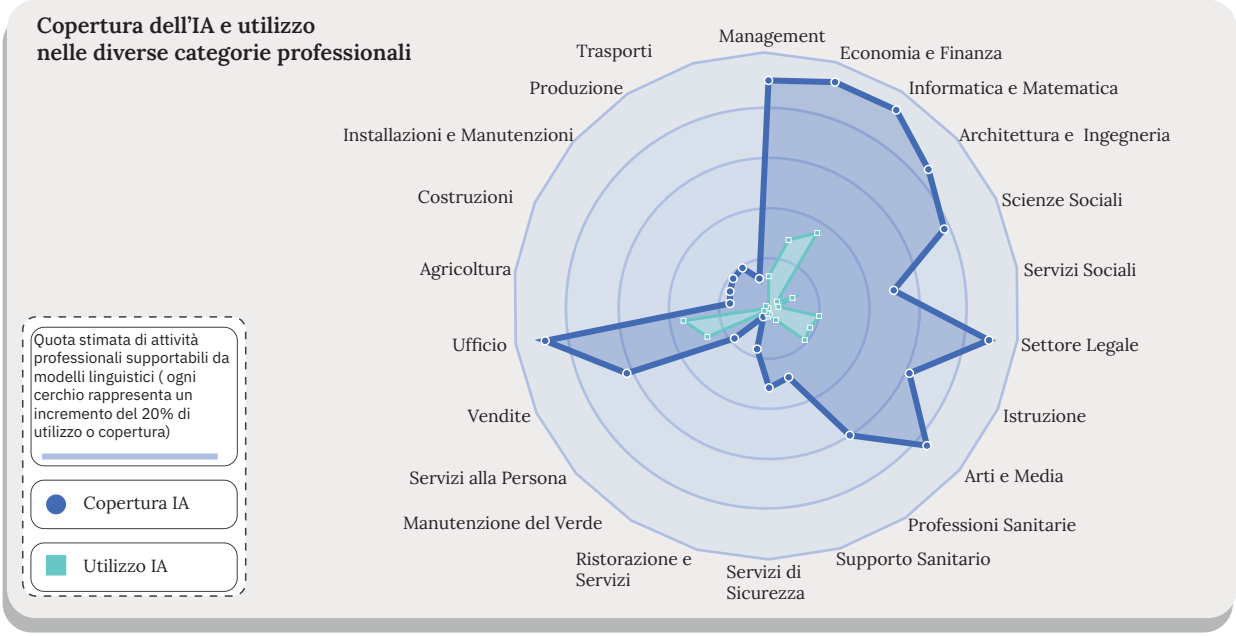


Figura 2.1
Copertura teorica dell'intelligenza artificiale e utilizzo osservato nelle diverse categorie professionali.

Il grafico confronta la quota di attività lavorative che i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM) potrebbero **teoricamente svolgere** (area blu) con il livello di **utilizzo effettivamente osservato** nelle pratiche professionali (area celeste), calcolato a partire dai dati di utilizzo dei sistemi di intelligenza artificiale. Il confronto evidenzia uno scarto significativo tra potenzialità tecnologica e integrazione operativa nelle diverse categorie occupazionali.

Fonte: *Anthropic, Labor market impacts of AI: A new measure and early evidence*, 2026.

Questo scarto tra potenzialità tecnologica e integrazione operativa suggerisce che la diffusione dell'intelligenza artificiale è profondamente influenzata da fattori organizzativi, istituzionali e culturali. Le professioni caratterizzate da compiti formalizzabili e ripetitivi mostrano livelli più elevati di esposizione all'AI, mentre le attività che richiedono capacità decisionali, interpretazione contestuale o responsabilità progettuale tendono a mantenere una maggiore centralità dell'intervento umano. L'intelligenza artificiale emerge prevalentemente come tecnologia di supporto e di amplificazione del lavoro cognitivo, più che come strumento di sostituzione completa delle competenze professionali.

I risultati dello studio mostrano inoltre che l'esposizione all'intelligenza artificiale non coincide automaticamente con una riduzione delle prospettive occupazionali. Le analisi comparative tra livelli di esposizione tecnologica e previsioni di crescita dell'occupazione nel periodo 2024–2034 evidenziano infatti una relazione più complessa e non lineare tra automazione potenziale e dinamiche del mercato del lavoro. Come illustrato nella Figura 2, alcune professioni caratterizzate da un'elevata esposi-

zione all'AI continuano a presentare prospettive di crescita positive, mentre altre attività meno esposte possono registrare dinamiche occupazionali stagnanti o in declino. Questo quadro suggerisce che l'introduzione dell'intelligenza artificiale tende a trasformare la natura delle attività lavorative piuttosto che eliminarle, ridefinendo progressivamente competenze, ruoli e modalità operative all'interno dei diversi settori produttivi.

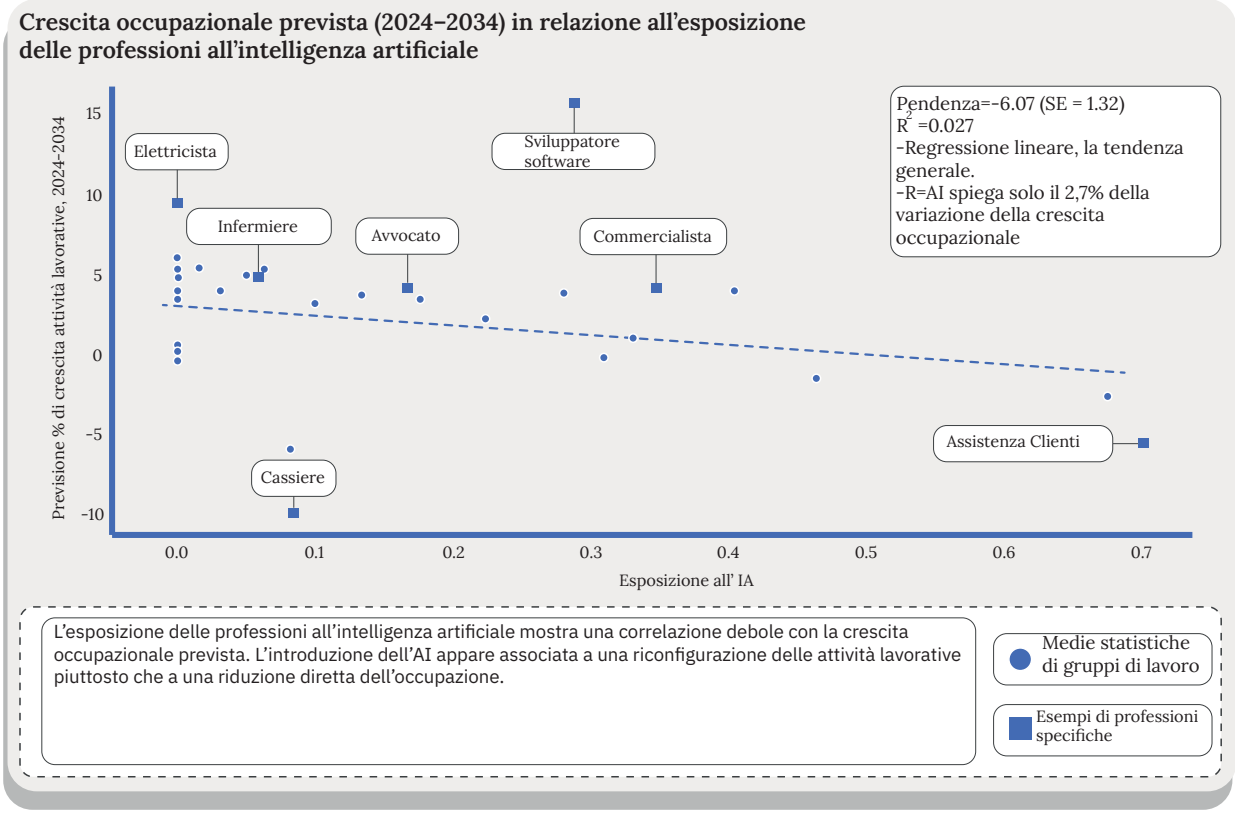


Figura 2.2
Relazione tra esposizione delle professioni all'intelligenza artificiale e crescita occupazionale prevista (2024–2034).

Il grafico mette in relazione il livello di esposizione delle professioni all'intelligenza artificiale con la variazione percentuale prevista dell'occupazione nel periodo 2024–2034, sulla base dei dati del Bureau of Labor Statistics. La linea di regressione evidenzia una correlazione debole tra

Nel contesto del settore edilizio, tali evidenze risultano particolarmente rilevanti. La progettazione architettonica, la gestione informativa degli edifici e il coordinamento dei processi costruttivi rientrano infatti tra le attività ad elevato contenuto cognitivo e decisionale, nelle quali l'intelligenza artificiale può operare soprattutto come supporto analitico e strumento di ampliamento delle capacità progettuali. Ciò conferma che la trasformazione digitale del processo edilizio dipende non soltanto dalla disponibilità delle tecnologie, ma anche dalla capacità delle istituzioni, delle imprese e dei percorsi formativi di assorbirle criticamente all'interno di

modelli organizzativi adeguati.

Una delle principali criticità risiede nella frammentazione sistemica. Nonostante l'obbligatorietà del BIM per gli appalti pubblici sopra certe soglie sia stata introdotta dal D.M. 560/2017 e poi rafforzata dal D.Lgs. 36/2023, l'attuazione concreta risulta ancora disallineata tra i diversi livelli istituzionali e gli attori del settore[2]. Le grandi stazioni appaltanti e alcuni operatori privati innovativi mostrano livelli avanzati di digitalizzazione, ma la maggior parte dei soggetti, soprattutto nel segmento delle piccole e medie imprese, resta ancorata a processi tradizionali. Ne derivano una forte disomogeneità territoriale e una modernizzazione "a isole", non coordinata da una governance centrale[3].

A ciò si aggiunge il rischio di un'adozione superficiale delle tecnologie. In molti casi, strumenti come il BIM vengono utilizzati in modalità riduttive o come semplici supporti di modellazione tridimensionale, senza incidere sulla struttura profonda dei processi decisionali e gestionali. Il risultato è una "modernizzazione apparente", in cui la digitalizzazione si sovrappone ai modelli esistenti anziché ripensarli[2].

Dal punto di vista tecnico, permangono criticità rilevanti in merito all'interoperabilità tra piattaforme. Sebbene gli standard aperti (come l'IFC) siano oggi ampiamente diffusi, le difficoltà di dialogo tra software, la duplicazione dei dati e l'assenza di ambienti di condivisione strutturati ostacolano una reale continuità informativa lungo l'intero ciclo di vita dell'opera[4]. Questo compromette la coerenza tra le fasi di progettazione, costruzione, gestione e manutenzione, e vanifica in parte le potenzialità dei modelli digitali[5].

Anche sul piano normativo si rilevano incoerenze. Le normative tecniche si aggiornano più rapidamente rispetto ai codici amministrativi, generando asimmetrie tra innovazione tecnologica e quadro regolativo. Il Codice dei Contratti

esposizione tecnologica e crescita occupazionale, suggerendo che l'introduzione dell'AI tende a trasformare la natura delle attività lavorative più che a determinare una riduzione diretta dell'occupazione.

Fonte: Anthropic, Labor market impacts of AI: A new measure and early evidence, 2026.

Pubblici, ad esempio, prevede l'uso del BIM, ma non definisce chiaramente il ruolo dei dati, la responsabilità della loro gestione, né le competenze richieste per interpretarli[6]. I regolamenti edilizi comunali, inoltre, spesso mantengono una logica cartacea e sequenziale, scarsamente integrabile con i nuovi flussi digitali.

Un limite riguarda la formazione. L'attuale sistema universitario e tecnico-professionale non prevede ancora percorsi strutturati per figure come il Digital Construction Manager, il BIM Data Analyst o il Computational Designer, oggi richieste dal mercato ma assenti nei curricula canonici[7]. La carenza di competenze ibride, capaci di integrare conoscenze architettoniche, informatiche e gestionali, ostacola l'implementazione efficace delle tecnologie e alimenta una frattura generazionale tra gli operatori.
A fronte di questi ostacoli, si delineano scenari futuri che fanno intravedere traiettorie di trasformazione. In primo luogo, si sta affermando una visione sistemica del progetto come **piattaforma adattiva**[8] un insieme dinamico di dati, regole, interazioni e revisioni, continuamente aggiornato e rinegoziabile. In questa prospettiva, la progettazione non si limita alla fase iniziale, ma accompagna l'intero ciclo di vita dell'edificio, adattandosi a mutamenti funzionali, ambientali e normativi.

In secondo luogo, la crescente disponibilità di strumenti digitali interoperabili apre la strada a **modelli di governance multilivello**. La digitalizzazione consente, in teoria, di integrare informazioni da soggetti diversi, progettisti, PA, imprese, cittadini, favorendo coordinamento, trasparenza e accountability. Perché ciò avvenga, è necessaria una chiara definizione delle competenze, delle responsabilità e delle interfacce decisionali tra i diversi livelli istituzionali[9].

Emerge la necessità di un **cambio di paradigma formativo**. Accanto all'introduzione di nuove competenze digitali, occorre sviluppare una cultura critica della progettazione aumentata, capace di coniugare rigore tecnico, visione sistemica e consapevolezza etica. Solo così sarà possibile orientare la transizione digitale verso un reale miglioramento della qualità progettuale, della gestione edilizia e della sostenibilità urbana[10].

1 CNAPPC (2021)
2 Carpo (2017)
3 DCLG (2012)
4 BuildingSMART Italia (2022)
5 EU BIM Task Group (2017)
6 ANAC (2023); UNI 11337:2017
7 CNAPPC (2022)
8 Manovich (2001)
9 Latour (2005)
10 Carpo (2011)

2.6.4 VERSO UN NUOVO APPROCCIO DEL COSTRUIRE

La digitalizzazione dell'ambiente costruito non rappresenta soltanto una fase di transizione tecnica, ma configura un vero e proprio cambio di paradigma nella cultura progettuale, gestionale e normativa. Se il BIM ha rappresentato il primo vettore strutturato di innovazione, l'attuale scenario mostra come la trasformazione in corso sia in realtà più profonda: coinvolge l'epistemologia del progetto, la struttura delle relazioni tra attori, i criteri decisionali e la semantica stessa dello spazio costruito[1].

L'introduzione di strumenti digitali come i modelli informativi, l'IoT, l'intelligenza artificiale e i sistemi predittivi non produce solo nuove efficienze, ma inaugura nuove forme di rappresentazione e di pensiero. Il progetto non è più un artefatto chiuso da consegnare, ma un'interfaccia dinamica, adattiva, che evolve nel tempo e si relaziona con l'ambiente e con l'utenza[2]. La digitalizzazione ha portato alla centralità dell'informazione come materia prima del costruire: ogni elemento edilizio, ogni componente urbana, è oggi anche un nodo informativo in un ecosistema più ampio[3].

In questo senso, la sfida attuale non è tanto l'introduzione degli strumenti, quanto la ridefinizione dei modelli culturali e organizzativi che ne permettono l'uso efficace. È qui che la norma UNI 10838:1999 può ancora offrire un contributo, purché riletta in chiave sistemica e aggiornata alle nuove logiche collaborative e interoperabili[4]. Allo stesso tempo, è necessario un ripensamento delle competenze, dei ruoli e delle responsabilità: la cultura del progetto deve estendersi oltre i confini disciplinari e riconoscere l'intelligenza collettiva come risorsa strategica[5].

Nel quadro delineato, il processo edilizio si configura come un sistema adattivo, multi-attoriale e transcalare, supportato da una governance multilivello e da nuove competenze professionali in grado di integrare ruoli progettuali, gestionali e analitici. Il costruire diventa così atto culturale, infrastrutturale e informazionale insieme, in cui la tecnica si intreccia con l'etica, la sostenibilità con l'intelligenza, la normativa con la visione.

Solo adottando questa prospettiva integrata, capace di unire tradizione normativa, innovazione digitale e immaginazione progettuale, sarà possibile affrontare le sfide del nostro tempo: la crisi climatica, l'equità sociale, la complessità urbana, la gestione intelligente delle risorse. In questo senso, la digitalizzazione non è un fine, ma un linguaggio da decifrare, adattare e trasformare, per continuare a costruire con senso il nostro abitare futuro.

1 Carpo, M. (2011)
2 Manovich, L. (2001)
3 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011)
4 UNI 10838:1999
5 Lévy, P. (1997)

2.7 RIORGANIZZARE LE FASI DEL PROCESSO EDILIZIO

In un contesto in cui l'architettura è sempre più chiamata a confrontarsi con dinamiche complesse, distribuite e interdipendenti, diventa urgente ripensare anche il modo in cui rappresentiamo, interpretiamo e gestiamo il processo progettuale e produttivo. In questa prospettiva, costruire un linguaggio operativo capace di restituire questa complessità in una forma condivisibile, tracciabile e criticamente efficace.

Questa esigenza si traduce nell'introduzione di uno strumento fondamentale: il diagramma di flusso. Ma non si tratta solo di una formalizzazione grafica delle fasi operative, bensì di un vero e proprio **ambiente cognitivo**, un dispositivo che consente di visualizzare in modo integrato le relazioni, le biforcazioni, i ritorni, le soglie e le dipendenze che innervano l'intero ecosistema edilizio. Come è stato osservato in ambito teorico[1], descrivere le fasi costitutive del processo edilizio come una catena lineare e deterministica significa tradirne la natura più profonda. L'intero sistema va inteso piuttosto come un insieme dinamico, circolare, e fortemente interconnesso, in cui ogni fase agisce ma al tempo stesso viene ristrutturata dalle altre.
Questa impostazione trova conferma nei modelli dell'ingegneria gestionale e dell'organizzazione industriale. Un diagramma efficace è quello che connette struttura e comportamento, funzione e dinamica, permettendo sia il controllo operativo del processo sia la sua interpretazione critica[3]. Gli strumenti formalizzati della modellazione dei processi, come il Business Process Model and Notation (BPMN), le reti di Petri, o i modelli a eventi discreti , dimostrano quanto la rappresentazione diagrammatica sia utile per individuare colli di bottiglia, visualizzare input/output, evidenziare nodi decisionali e migliorare la distribuzione di vincoli, risorse e

responsabilità[2].
In campo architettonico, applicare questa logica al processo edilizio implica un salto qualitativo. Il diagramma non è concepito come uno strumento meramente descrittivo o gestionale, ma come un **mezzo progettuale e critico**. Non solo documenta ciò che accade: orienta decisioni, distribuisce ruoli, articola alternative. Come evidenziato in letteratura[4], modellare un sistema non serve soltanto a rappresentarne il funzionamento, ma anche a trasformarlo, orientandolo strategicamente.

Questa prospettiva si allinea alle teorie dei sistemi complessi, per cui ogni componente assume senso solo all'interno della rete di relazioni, interazioni, feedback e soglie in cui è immersa. Il sistema non si comprende analizzandolo nei suoi elementi, ma ricostruendone la dinamica interna[5]. È in questo senso che il diagramma può essere pensato come **mappa morfogenetica:** una struttura aperta, capace di evolvere con il sistema stesso, e di visualizzare i suoi momenti critici, i suoi equilibri temporanei, le sue potenzialità latenti.
Un aspetto fondamentale riguarda la **modularità**: ogni fase del processo, pur appartenendo a un sistema più ampio, può essere attivata, gestita e monitorata anche singolarmente. Questa caratteristica consente al diagramma di flusso di funzionare sia come struttura d'insieme, sia come strumento operativo per singole porzioni del processo, mantenendo una coerenza di fondo ma abilitando anche approcci flessibili e adattativi. In questo modo, le fasi progettuali e produttive diventano tra loro interoperabili, ma non necessariamente dipendenti.

L'utilizzo del diagramma potrà integrarsi anche con strumenti di progettazione computazionale e ambienti digitali più avanzati. Nei workflow algoritmici del settore AEC, un diagramma ben strutturato può dialogare con modelli BIM, sistemi di monitoraggio e intelligenze artificiali. Ciò lo rende non solo un'in-

terfaccia tra attori umani, ma anche un connettore tra livelli decisionali e piattaforme digitali. Senza spingere troppo avanti questo scenario, è utile riconoscere che una **progettazione diagrammatica** ben fondata può facilitare l'interoperabilità tra dimensioni concettuali, gestionali e tecnologiche[8]. Il valore più profondo di questa impostazione riguarda la dimensione **critica e riflessiva** del diagramma. Come è stato sottolineato da autori come Eisenman, Allen e Lavin[10], il diagramma non serve a semplificare, ma a problematizzare. Non impone un'unica lettura, ma ne apre molteplici. La modellazione diagrammatica, se usata consapevolmente, può diventare una forma di pensiero spaziale e organizzativo, capace di costruire trasparenza, abilitare negoziazioni e restituire al progetto una pluralità di possibili traiettorie.

Questa sezione non presenta ancora il diagramma definitivo. Esso verrà introdotto solo al termine della tesi, dopo un'analisi dettagliata e sperimentale di ciascuna fase del processo edilizio. Vengono poste le basi concettuali per una sua costruzione progressiva. Il diagramma di flusso non è solo una griglia: è una infrastruttura cognitiva che rende visibile la complessità del fare architettura, organizzando flussi, ritorni, soglie e dipendenze in un sistema leggibile, modificabile e trasformabile. La prossima parte del lavoro sarà quindi dedicata alla sperimentazione diretta: l'analisi concreta di ciascuna fase del processo, attraverso casi studio, test e simulazioni, con l'obiettivo finale di produrre un nuovo diagramma di flusso per il progetto edilizio contemporaneo.

---

1 Carrara, G. 2020
2 Dumas, M. et al., 2018
3 Brandolese, A., Pozzetti, A., Sianesi, A. 2010
4 Pidd, M. 2003
5 Pidd, M. 2004
6 Meadows, D., 2008
7 Sianesi, A., 2018
8 Garg, S. et al., 2024
9 Ambrosi, A. 2022
10 Lavin, S., 2018



Figura — Fase di progettazione: dalla prefigurazione dello spazio alla sua definizione architettonica.
Fonte: *Viaggionelfuturo Architetti*, ***www.viaggionelfuturo.it***

3 | PARTE TERZA
PROGETTAZIONE

3.1 DIGITALIZZAZIONE NELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

> *"Venturi sostiene che le contraddizioni e le complessità che si possono andare a creare nell'esperienza progettuale possono essere occasioni che donano ricchezza al progetto[...] La tesi che Venturi porta avanti è quella dell'ambiguità: sostiene che dall'ambiente costruito si riesca a estrapolare una serie di stimoli e questioni che possono avere una valenza evocativa."*
>
> Robert Venturi, Complessità e Contraddizioni nell'architettura

La progettazione architettonica si colloca in una zona di tensione permanente tra logiche prescrittive e aspirazioni creative, tra vincoli tecnici e valori culturali. Robert Venturi, già nel 1966, riconosceva come la complessità e le contraddizioni dell'esperienza progettuale potessero trasformarsi in occasioni di arricchimento: l'"ambiguità" diviene non un ostacolo, ma una risorsa[1]. Questo approccio alla progettazione come pratica intrinsecamente complessa è stato ulteriormente sviluppato da studiosi come Bryan Lawson, che descrive il design come un processo cognitivo non lineare, fondato sulla risoluzione di problemi mal definiti e sull'iterazione continua[2]. Donald Schön, ha definito il progettista un reflective practitioner, un "professionista riflessivo" che costruisce la propria conoscenza attraverso un dialogo costante con la situazione e con i vincoli del problema[3].

Nonostante questa solida tradizione teorica, l'architettura contemporanea soffre ancora la mancanza di un sistema strutturato di feedback sugli spazi costruiti: i progetti vengono consegnati, ma raramente valutati nel tempo sulla base dell'esperienza degli utenti. Il risultato è che una parte considerevole della conoscenza accumulata: esperimenti, successi, fallimenti, rimane dispersa, non organizzata, non

capitalizzata. Ciò contribuisce a un deficit di memoria collettiva che limita l'innovazione.
L'avvento della digitalizzazione promette di colmare questa lacuna. Tecnologie come il Building Information Modeling (BIM) e l'Intelligenza Artificiale (IA) permettono di raccogliere, organizzare e restituire enormi quantità di dati, creando una vera e propria banca della conoscenza progettuale.L'IA segna il passaggio da un ruolo analitico a un ruolo generativo, in grado di proporre alternative progettuali a partire da dati storici e vincoli impostati dal progettista[4]. Il BIM, in questo contesto, funge da infrastruttura di base, fornendo il contesto informativo in cui l'IA può operare.

Questo cambiamento ridisegna profondamente il ruolo del progettista. Da semplice risolutore di problemi, diventa un knowledge worker, chiamato a gestire informazioni eterogenee, orchestrare scenari complessi e prendere decisioni critiche all'interno di un processo sempre più data-driven. L'IA, nella sua riflessione sulla società dei dati, rende possibile un'accelerazione cognitiva, ma rischia di deresponsabilizzare se non è accompagnata da una visione etica e culturale[5]. Sul piano urbano e architettonico, le riflessioni di Keiichi Matsuda mostrano come la convergenza tra IA, Big Data e Realtà Aumentata possa portare a una nuova esperienza dello spazio, in cui il tessuto digitale si intreccia con quello fisico[6]. In questo scenario, emergono nuove figure professionali: progettisti dello spazio "materiale" e progettisti dello spazio "digitale", chiamati a cooperare per generare ambienti ibridi, stratificati, **iperinformati**.
In questo nuovo contesto, emerge in modo cruciale anche il ruolo dell'utente. Le tecnologie immersive e interattive non solo trasformano il progetto in un'esperienza visiva, ma abilitano i cittadini alla partecipazione attiva nella configurazione degli spazi. Il progettista non è più l'unico autore della forma urbana, ma si configura come facilitatore di scenari

condivisi, in dialogo costante con i bisogni emergenti. L'introduzione di strumenti di co-progettazione digitale, come realtà aumentata, piattaforme di simulazione interattiva, modelli generativi con input utente, apre la strada a forme più democratizzate del processo progettuale, in linea con i principi dell'inclusive design e del co-design promossi a livello europeo.

La transizione digitale, non può essere letta solo in termini di velocità o efficienza. Il rischio, come ricordano Hoar, Atkin e King in un report per il Royal Institution of Chartered Surveyors, è confondere mezzo e fine: *utilizzare l'IA per accelerare operazioni tecniche senza rafforzare la qualità culturale e sociale dell'architettura*[7]. La cultura greca distingueva tra Kronos, il tempo quantitativo e misurabile, e Kairos, il tempo qualitativo. Nei processi produttivi-industriali, Kronos è sempre stata la chiave predominante: essere più veloci significava produrre di più. In architettura, invece, ciò che conta è la qualità del tempo dedicato alla creazione, alla riflessione, all'ascolto dei bisogni. L'obiettivo della digitalizzazione dovrebbe dunque essere liberare tempo **kairologico**: ridurre il peso delle operazioni ripetitive e cronometriche per restituire al progettista più spazio per pensare, interpretare, creare.

È all'interno di questa trasformazione che si colloca il modello sperimentale proposto dalla presente ricerca. Un modello che non assume la digitalizzazione come fine, ma come infrastruttura capace di strutturare il feedback, rendere tracciabili le decisioni progettuali e restituire tempo qualitativo al processo. L'integrazione tra dati, strumenti digitali e contributi degli utenti viene qui intesa come una condizione operativa per rafforzare la responsabilità progettuale, piuttosto che come una delega automatica alle tecnologie.

La digitalizzazione non rappresenta una sostituzione del gesto progettuale, ma una trasformazione della sua ecologia. Il progettista resta insostituibile nel momento della de-

cisione critica, nell'assunzione di responsabilità, nella capacità di attribuire senso e valore alle forme. Ma la sua azione può essere amplificata da strumenti digitali che estendono le possibilità di esplorazione, di valutazione, di comunicazione. L'architettura, lungi dal ridursi a un esercizio algoritmico, può diventare sempre più una pratica relazionale, capace di intrecciare dati e vissuti, modelli predittivi e immaginazione, memoria e progetto.
Questa sezione si propone di esplorare le potenzialità di un nuovo paradigma progettuale, fondato sull'integrazione tra dati, utenti e strumenti digitali, per colmare le lacune normative e operative individuate nella parte precedente.

1 Venturi, R. (2002)
2 Lawson, B. (2005)
3 Schön, D. (1983)
4 Chaillou, S. (2022)
5 Harari, N. Y. (2018)
6 Matsuda, K. (2016)
7 Hoar, C., Atkin, B., & King, K. (2017)

3.2 STRUMENTI E APPROCCI ALLA PROGETTAZIONE

La progettazione non è mai un atto neutro. Ogni atto progettuale incorpora, più o meno consapevolmente, una precisa concezione del sapere, del ruolo del progettista e dell'organizzazione del processo decisionale. Parlare di "paradigmi progettuali" significa interrogare in profondità i modelli impliciti di razionalità e di potere che governano le pratiche del progetto. Si tratta quindi di una lettura critica e politica del modo in cui, in ogni paradigma, si stabilisce chi decide cosa, quando, e sulla base di quali forme di conoscenza, piuttosto che di una classificazione tecnica o di una ricostruzione evolutiva dei metodi.

La progettazione può essere letta come "riflessione nel fare" ("reflection-in-action"), in cui la conoscenza si sviluppa nel corso dell'azione[1]. È descritta anche come modalità specifica di conoscenza del designer, caratterizzata da processi sintetici e abduttivi[2]. Il progetto si articola come processo organizzativo di decisioni relative a priorità, vincoli, obiettivi e modalità di coinvolgimento degli attori.
Da questo punto di vista, ogni paradigma progettuale può essere letto come un modello decisionale che:

- definisce l'origine e la natura della conoscenza legittima nel processo (normativa, empirica, computazionale, partecipativa...);
- attribuisce ruoli e responsabilità al progettista, all'utente, alla committenza, ai sistemi tecnici;
- costruisce o nega spazi di ambiguità, iterazione e conflitto nella progettazione;
- stabilisce se il progetto è un fine in sé, un prodotto chiuso, oppure un processo aperto e negoziale.

Questo approccio consente di comprendere come il passaggio verso modelli di progettazione partecipativa corrisponda a una trasformazione strutturale, resa necessaria dall'aumento della

complessità, dall'ibridazione delle competenze e dalla crisi delle forme tradizionali di autorità professionale. In altri termini, il problema centrale della progettazione contemporanea riguarda l'organizzazione del processo, intesa come capacità di strutturare un ecosistema decisionale capace di includere saperi plurali, anticipare scenari d'uso, integrare vincoli ambientali e socio-culturali e articolare il rapporto tra intelligenza umana e sistemi computazionali.
Il seguente capitolo analizza alcuni tra i principali paradigmi emersi nella cultura progettuale contemporanea, dal modello prescrittivo alla progettazione algoritmica mettendo in luce, per ciascuno, la logica implicita di governo del processo, le fonti epistemiche privilegiate, le implicazioni sulla relazione tra progettista, utente e macchina. Si tratta di una ricostruzione critica che non intende proporre un metodo, ma fornire il quadro teorico necessario per comprendere il senso profondo della transizione verso paradigmi partecipativi, che verrà affrontata nei capitoli successivi.

I paradigmi progettuali qui richiamati costituiscono il riferimento teorico-operativo entro cui è stato costruito il modello sperimentale sviluppato in questa ricerca. Essi rappresentano differenti modalità di organizzazione del processo progettuale e, soprattutto, diversi modi di strutturare le decisioni, il ruolo del progettista e il rapporto con utenti, dati e strumenti. L'analisi non è orientata a una descrizione esaustiva dei metodi, ma all'individuazione delle logiche di fondo che ne regolano il funzionamento. Questi paradigmi vengono quindi assunti come base critica per chiarire quali aspetti sono stati ripresi, quali superati e quali riorganizzati nella proposta di un modello progettuale orientato alla partecipazione informata, alla gestione della complessità e all'integrazione di strumenti digitali.

1 D. Schön
2 N. Cross

Progettazione deterministica / prescrittiva

Il paradigma deterministico si sviluppa entro un orizzonte teorico di matrice positivista, in cui il progetto è inteso come processo deduttivo fondato su conoscenze stabilite a priori e organizzato secondo una sequenza lineare di decisioni. Questo modello accompagna la razionalizzazione moderna dei saperi tecnici e trova corrispondenza operativa nelle teorie funzionaliste, nella manualistica progettuale standardizzata e nell'organizzazione fordista del lavoro.La progettazione è strutturata come un processo prescritto, in cui ogni fase (analisi, sintesi, verifica) è rigidamente distinta e subordinata a una logica causale. Il progettista assume il ruolo di esperto sovrano, dotato di un sapere normativo che legittima le scelte progettuali. "La progettazione viene rappresentata come un processo razionale che si occupa di problemi ben definiti e per i quali esistono risposte corrette"[1]. L'atto decisionale, in questo contesto, è centralizzato, anticipato e cristallizzato in una soluzione univoca, elaborata indipendentemente dal contesto sociale e culturale di riferimento.

Gregotti, nella sua idea di "territorio dell'architettura", offre un esempio paradigmatico di questa impostazione teorica: la forma architettonica è l'esito di una logica disciplinare interna, che si impone sul contesto attraverso la coerenza del metodo progettuale[2]. Allo stesso modo, le teorie sistemiche applicate al design negli anni '60 e '70 - come quelle di Christopher Alexander nei suoi primi lavori - operano entro un frame di razionalità formale, dove la bontà del progetto è funzione della sua aderenza a principi strutturali universali[3].

Questo paradigma mostra limiti strutturali nel momento in cui la progettazione si confronta con contesti ad alta complessità, caratterizzati da incertezza, conflitto e pluralità di punti di vista. L'epistemologia prescrittiva tende infatti a escludere forme di conoscenza tacita, esperienziale e situata. Donald Schön ha criticato questo modello sottolineando come la pratica progettuale reale sia invece fatta di continua negoziazione, revisione dei problemi e apprendimento riflessivo in situazione[4].

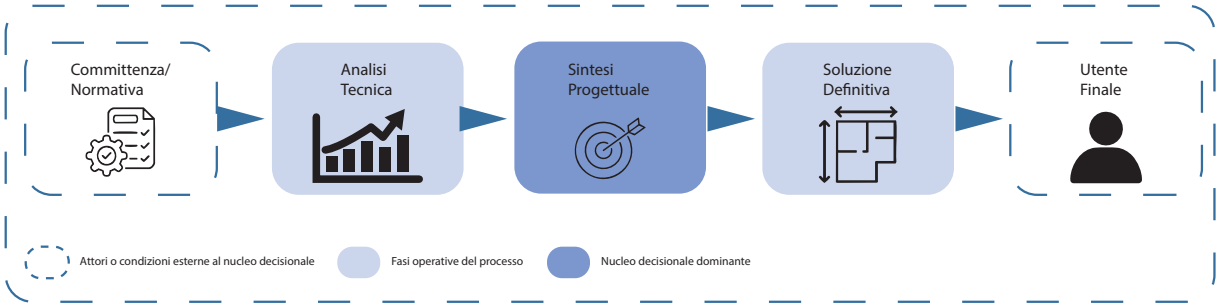
Dal punto di vista del processo decisionale, il paradigma deterministico costruisce un modello autoritario, chiuso, gerarchico: il progettista elabora, gli altri eseguono. Le implicazioni sono profonde non solo sul piano operativo, ma anche etico e politico. Questo assetto concentra la responsabilità progettuale in un unico soggetto e rende opaca la provenienza delle scelte. Non a caso, molte delle critiche mosse a questo paradigma nel secondo Novecento sono legate alla sua incapacità di affrontare l'eterogeneità dei bisogni e l'imprevedibilità degli usi.

Il fallimento delle grandi pianificazioni moderniste e la crescente attenzione alla dimensione umana e sociale del progetto segnano il declino dell'egemonia del modello prescrittivo. Ma la sua logica rimane latente in molte pratiche professionali, nella standardizzazione normativa e nella rigidità di alcuni processi istituzionali.

In sintesi, il paradigma deterministico:

- assume una razionalità lineare e normativa;
- centralizza le decisioni nelle mani del progettista-esperto;
- considera legittima solo la conoscenza tecnica e codificata;
- esclude forme di partecipazione e di apprendimento costruite attraverso l'esperienza diretta;
- fatica a gestire la complessità, l'ambiguità e il conflitto.

Il quadro metodologico e concettuale del progetto richiede una riformulazione, alla luce dell'emergere di contesti nei quali la realtà si configura come campo di interazioni, conflitti e negoziazioni continue.



1 Lawson, B. (2006)
2 Gregotti, V. (1966)
3 Alexander, C. (1964)
4 Schön, D. A. (1983)

Progettazione prestazionale

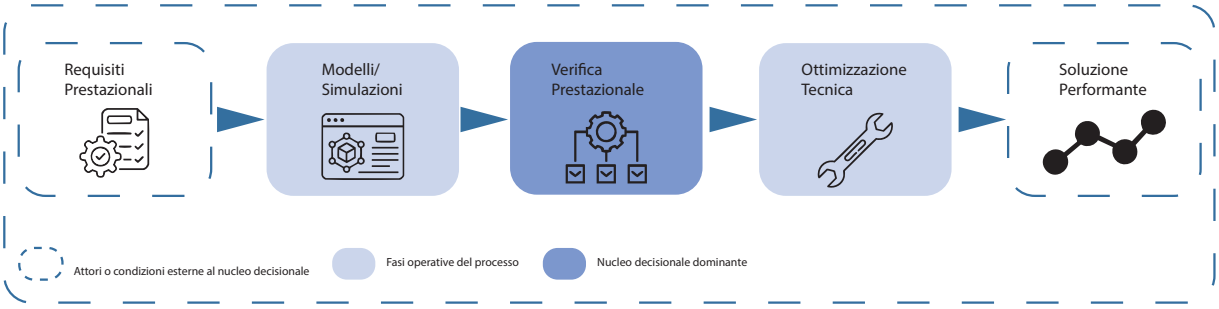
Il paradigma prestazionale si afferma nella seconda metà del Novecento in risposta ai limiti dei modelli prescrittivi, entro un contesto segnato dall'aumento della complessità funzionale, ambientale e tecnologica del progetto architettonico. L'attenzione si sposta dalla definizione della forma alla capacità del progetto di soddisfare requisiti misurabili e verificabili, in rapporto a prestazioni ambientali, energetiche, funzionali e di sicurezza definite entro parametri stabiliti. Le radici di questo paradigma si collocano nel pensiero sistemico e cibernetico e nella progressiva integrazione di modelli ingegneristici nelle discipline del progetto, entro una razionalità operativa orientata al controllo delle condizioni di funzionamento dell'artefatto più che alla sua rappresentazione formale[1]. In questo quadro, il progetto viene concepito come un sistema da configurare e ottimizzare mediante simulazioni, modelli previsionali e protocolli di valutazione. Il progettista assume il ruolo di organizzatore delle relazioni tra obiettivi, vincoli e componenti tecniche. L'atto decisionale si distribuisce lungo un processo iterativo guidato da strumenti di analisi e verifica. La conoscenza che orienta le scelte ha carattere empirico e predittivo e comprende dati ambientali, analisi energetiche, indicatori di comfort e simulazioni prestazionali. La forma architettonica si definisce così come esito derivato dalla soddisfazione dei requisiti fissati.

La definizione dei criteri prestazionali implica una scelta preliminare dei valori assunti come desiderabili, efficienti o prioritari[2]. La prestazione coincide così con l'esito di una selezione culturale e politica spesso implicita, cui si lega la difficoltà di integrare saperi solo parzialmente formalizzabili. L'esperienza d'uso, la dimensione simbolica e la qualità percettiva degli spazi incontrano limiti persistenti nella traduzione in parametri misurabili. Da qui deriva il rischio di produrre ambienti tecnicamente efficienti ma deboli sul piano dell'abitabilità, con una distanza crescente tra chi definisce i requisiti e chi vive gli spazi.

Sul piano organizzativo, il processo decisionale assume una forma distribuita e fortemente tecnocratica. Il progettista opera come mediatore tra standard, software, consulenze specialistiche e quadri normativi. La responsabilità progettuale tende così a disperdersi tra strumenti e protocolli, rendendo meno leggibile la catena delle decisioni e più opaca la definizione delle priorità. L'orientamento alla previsione e al controllo rende inoltre questo paradigma poco adatto alla gestione dell'incertezza e della trasformazione nel tempo. Il progetto viene spesso definito in una configurazione ottimizzata al momento della progettazione, ma esposta a criticità rispetto all'evoluzione degli usi, dei contesti e delle condizioni ambientali. Da questi limiti deriva lo sviluppo di approcci orientati alla flessibilità, alla resilienza e alla ridefinizione condivisa degli obiettivi.assume una razionalità tecnico-sistemica orientata alla performance;

- distribuisce il processo decisionale tra attori e strumenti, sotto una regia tecnico-normativa;
- legittima una conoscenza predittiva, verificabile e standardizzata;
- marginalizza la dimensione simbolica e l'esperienza vissuta;
- tende a produrre progetti ottimizzati ma rigidi e difficilmente negoziabili.

La distinzione tra funzionamento tecnico e qualità spaziale evidenzia la necessità di modelli progettuali capaci di integrare interpretazioni plurali dei bisogni e processi condivisi di definizione delle priorità, temi sviluppati nei paradigmi successivi.



1 Maldonado, T. (1970)
2 Manzini, E. (1990)
3 Rowe, P. G. (1987)
4 Gausa, M. (2003)
5 Tersigni, E., Leone, M. F. (2019)

Progettazione generativa

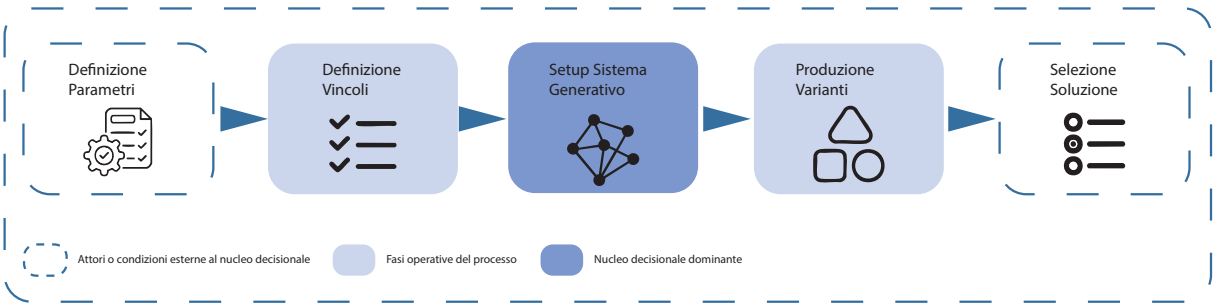
Il paradigma generativo si sviluppa dagli anni Settanta, parallelamente all'evoluzione dell'informatica, dei sistemi complessi e della teoria dell'emergenza, e si afferma nella progettazione digitale avanzata. Il suo nucleo consiste nella costruzione di un sistema generativo, formato da regole, algoritmi, parametri e interazioni, capace di produrre soluzioni multiple attraverso processi di trasformazione e adattamento. Il progettista assume così il ruolo di codificatore di logiche morfogenetiche.

L'origine della progettazione generativa si colloca entro un duplice spostamento: dal progetto come composizione formale al progetto come configurazione di sistemi, e da una razionalità lineare a una logica processuale, nella quale l'esito emerge da iterazioni, feedback e meccanismi di auto-organizzazione[1]. In questo quadro, l'obiettivo si definisce nei termini di una morfogenesi computazionale, intesa come capacità del progetto di svilupparsi attraverso relazioni tra materiali, geometrie, vincoli ambientali e algoritmi di calcolo[2]. Il sapere progettuale tende così a distribuirsi entro il sistema generativo, nelle sue condizioni iniziali e nelle regole che ne governano la trasformazione. Il modello decisionale che ne deriva si distingue da quello prescrittivo e prestazionale, poiché la decisione coincide con la definizione del campo di possibilità entro cui le soluzioni emergono. La responsabilità progettuale si concentra così nell'impostazione del sistema generativo, guidato da vincoli geometrici, fisici e programmatici[3]. La conoscenza legittimata in questo paradigma ha carattere computazionale e strutturale e si fonda sulla formalizzazione del sapere, sulla sua traducibilità in regole e parametri e sulla sua processabilità da parte della macchina. In questa configurazione, il paradigma generativo tende a marginalizzare le forme di conoscenza tacita, esperienziale e solo parzialmente codificabile, mentre il progetto assume la forma di una grammatica di regole. Anche la neutralità del sistema generativo richiede una valutazione critica, poiché gli algoritmi incorporano scelte, valori e assunzioni culturali[4]. La selezione del-

le variabili, la codifica dei vincoli e l'impostazione degli obiettivi di ottimizzazione corrispondono infatti a operazioni intenzionali. La delega all'algoritmo trasferisce così il soggetto progettante a un livello meno leggibile, nel quale le decisioni diventano meno tracciabili e più difficili da sottoporre a negoziazione.Il paradigma generativo introduce anche una questione politica relativa all'accesso alla definizione delle regole e al controllo dei sistemi. Il potere progettuale tende così a concentrarsi presso i soggetti che dominano codice e apparati computazionali, con il rischio di produrre una nuova forma di tecnicismo elitario. L'apertura morfologica può quindi accompagnarsi a una restrizione dell'accesso decisionale e a una minore incidenza dell'utenza sulle scelte rilevanti. In sintesi, il paradigma generativo:

- razionalità emergente, non-lineare e computazionale;
- sposta il focus dalla forma ad un sistema generativo
- conoscenza formalizzabile, algoritmica, parametrica;
- redistribuisce il potere decisionale verso le regole;
- poca tracciabilità delle scelte e difficile partecipazione.

La crisi del paradigma generativo deriva dalla difficoltà di integrare saperi informali, dimensione simbolica del progetto e coinvolgimento di soggetti privi di competenze di programmazione. Da questa tensione tra potenzialità generativa e opacità decisionale nasce l'esigenza di una progettazione più trasparente, accessibile e inclusiva, tema sviluppato nei paradigmi successivi.



1 Frazer, J. (1995)
2 Menges, A. (2012)
3 Tedeschi, A. (2014)
4 Leach, N. (2009)

Design Thinking / Approccio sistemico

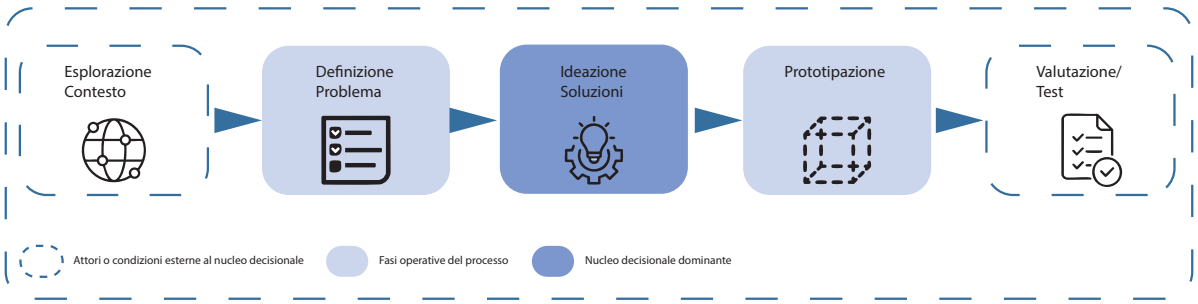
Il paradigma del design thinking si afferma tra gli anni Ottanta e Novanta entro l'evoluzione dell'approccio sistemico al progetto, in risposta al tecnicismo delle metodologie razionaliste e all'autoreferenzialità formale di una parte della progettazione postmoderna. Il suo nucleo consiste in una razionalità pratica orientata alla risoluzione di problemi mal definiti, collocati in contesti segnati da instabilità, ambiguità e pluralità di interessi. In questa prospettiva, progettare significa trasformare situazioni esistenti in situazioni preferite[1], attraverso un processo fondato su pensiero abduttivo, costruzione iterativa delle ipotesi e continua riformulazione del problema nel rapporto con il contesto. Questa impostazione trova una formulazione compiuta nella reflective practice, intesa come dinamica continua tra azione e riflessione, interna allo sviluppo stesso della pratica progettuale[2].

Il progetto si configura come processo relazionale orientato all'integrazione di saperi eterogenei, all'ascolto degli utenti e all'impiego di immaginazione ed empatia come risorse cognitive[3]. Il modello decisionale assume una struttura reticolare, nella quale il progettista coordina la collaborazione tra esperti, utenti e stakeholder, mentre le decisioni emergono dall'interazione tra ricerca, ideazione, prototipazione e verifica. La conoscenza legittimata ha carattere ibrido e combina intuizione, esperienza, analisi, narrazione e visualizzazione. Questo spostamento favorisce il superamento della figura dell'esperto isolato e valorizza l'interazione tra attori e saperi. In molti contesti, tuttavia, il design thinking si consolida come metodologia replicabile e standardizzata, con una conseguente semplificazione dei processi decisionali. Anche l'empatia tende così ad assumere una funzione retorica, orientata alla costruzione del consenso più che alla gestione del conflitto[4]. La natura iterativa e informale del processo riduce la tracciabilità delle decisioni, rendendo più difficile identificare i momenti di scelta strategica e i criteri adottati. Il paradigma sistemico può così occultare le gerarchie effettive sotto una retorica collaborativa. La co-progettazio-

ne richiede quindi anche una ridefinizione delle infrastrutture cognitive e istituzionali che rendono possibile la partecipazione[5].Il design thinking tende a concentrarsi sulla gestione del progetto entro un orizzonte di medio termine, mentre le condizioni strutturali che lo generano restano sullo sfondo. Il sistema viene così trattato come campo di relazioni da organizzare. Da qui deriva l'esigenza di integrare il paradigma sistemico con modelli più esplicitamente critici e politici, capaci di assumere conflitto, disuguaglianza e asimmetria dei saperi e delle posizioni come componenti del processo progettuale. In sintesi, il paradigma del design thinking/approccio sistemico:

- assume una razionalità abduittiva, dialogica e iterativa;
- valorizza il coinvolgimento degli utenti e la costruzione collaborativa delle decisioni;
- legittima un sapere ibrido, esperienziale, narrativo, visuale;
- fatica a rendere trasparenti le dinamiche decisionali e le asimmetrie relazionali;
- rischia una formalizzazione metodologica che neutralizza il conflitto.

Il suo contributo fondamentale sta nell'aver spostato l'attenzione dal prodotto al processo, e dal progettista all'ecosistema decisionale. Ma proprio questa apertura richiede una nuova consapevolezza critica: non basta coinvolgere gli attori, è necessario strutturare le condizioni per una reale negoziazione delle scelte.



1 Simon, H. A. (1969)
2 Schön, D. A. (1983
3 Buchanan, R. (1992)
4 Cross, N. (2007)

Progettazione algoritmica/parametrica

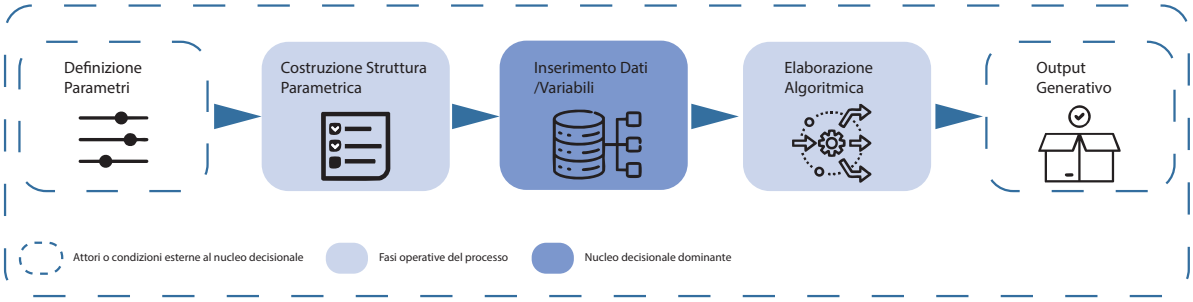
Il paradigma algoritmico si afferma dagli anni Duemila come espressione di una trasformazione epistemologica del progetto fondata sull'introduzione del calcolo come principio generativo. Le sue radici si collocano nell'intersezione tra design computazionale, modellazione parametrica, teoria dei sistemi complessi e informatica. In questo quadro, il progetto viene concepito come processo emergente regolato da relazioni logico-matematiche tra variabili interdipendenti. Il nucleo di tale impostazione consiste nella delega parziale dell'intenzionalità progettuale a sistemi di codifica - algoritmi, script, strutture parametriche - entro i quali l'atto progettuale coincide con la definizione di regole e relazioni[1]. Il progetto assume così la forma di una morfogenesi digitale, nella quale le soluzioni emergono da iterazioni computazionali spesso ispirate a modelli biologici, fisici o comportamentali[2]. Questa configurazione ridefinisce il modello decisionale: il progettista interviene sulla definizione dello spazio delle possibilità e dei parametri che ne governano l'evoluzione, mentre il controllo si concentra sul livello procedurale[3].

La generazione della forma attraverso sistemi algoritmici redistribuisce la responsabilità progettuale e la valutazione delle conseguenze del progetto. Nei processi in cui l'algoritmo apprende o simula in modo autonomo, il giudizio umano si concentra nella definizione di condizioni, limiti e criteri operativi. Il paradigma algoritmico rende così meno leggibile la catena delle decisioni, poiché la selezione dei parametri, la codifica dei vincoli e la definizione di ciò che può variare corrispondono a scelte conoscitive e politiche. La conoscenza legittimata assume carattere altamente formalizzato e privilegia dati quantitativi, relazioni logiche e funzioni matematiche. Da questa configurazione deriva una marginalizzazione dei saperi impliciti, qualitativi e contestuali, con il rischio di produrre un progetto capace di ottimizzare la geometria ma meno attrezzato a interpretare la stratificazione culturale dei luoghi. La generazione della forma

attraverso sistemi algoritmici redistribuisce la responsabilità progettuale e la valutazione delle conseguenze del progetto.
Nei processi fondati su apprendimento o simulazione autonoma, il giudizio umano si concentra nella definizione di condizioni, limiti e criteri operativi. La selezione dei parametri, la codifica dei vincoli e la determinazione di ciò che può variare corrispondono così a scelte conoscitive e politiche. La conoscenza legittimata assume carattere altamente formalizzato e privilegia dati quantitativi, relazioni logiche e funzioni matematiche.
Da questa configurazione deriva una riduzione del rilievo attribuito ai saperi impliciti, qualitativi e contestuali, con la produzione di assetti capaci di ottimizzare la geometria ma meno efficaci nell'interpretazione della stratificazione culturale dei luoghi.
In sintesi, il paradigma algoritmico / parametrico:

- basato su logiche formali e procedurali;
- decisioni tra algoritmo, dati e vincoli
- conoscenza quantitativa, formalizzata, data-driven;
- responsabilità dispersa, esperienza marginale
- generazione e ottimizzazione, ma fatica a integrare la dimensione simbolica e politica del progetto.

La questione assume una dimensione culturale e teorica, legata al riconoscimento che l'automazione non coincide con la neutralità e che anche il più sofisticato sistema computazionale si inscrive in un quadro di scelte umane, sociali e ideologiche.



1 Tedeschi, A. (2014). AAD
2 Leach, N. (2009)
3 Menges, A. (2012)
4 Pavan, A., Cassandro, J., Di Martino, B. (2025)
5 Rossi, M. L. (2019)

Progettazione data-driven

Il paradigma data-driven si afferma nell'ultimo decennio come esito della digitalizzazione diffusa, dell'urban computing, dell'Internet of Things e della disponibilità crescente di dati in tempo reale. In questo quadro, il progetto si fonda su flussi dinamici di informazione e l'ambiente costruito viene interpretato come piattaforma interattiva capace di adattarsi a comportamenti, esigenze e pattern emergenti della vita urbana. La progettazione data-driven introduce così un mutamento strutturale del modello progettuale, nel quale l'informazione diventa materia operativa capace di descrivere, attraversare e trasformare lo spazio[1].

Il paradigma data-driven ridefinisce il ruolo del progettista, che assume la funzione di organizzatore del quadro decisionale. L'attenzione si sposta dalla generazione della forma alla costruzione delle condizioni informative entro cui le decisioni vengono assunte. In questo assetto, pattern relativi a mobilità, consumi, uso dello spazio e preferenze degli utenti entrano direttamente nel processo decisionale. La conoscenza legittimata ha carattere empirico, aggiornabile e verificabile in tempo reale, e si fonda su strumenti di urban analytics, piattaforme di monitoraggio, dashboard interattive e machine learning. Questi dispositivi consentono di esplorare scenari adattivi e di progettare spazi flessibili e resilienti. Anche in questo caso, la selezione, raccolta e rappresentazione dei dati rinviano a scelte preliminari e a filtri tecnici e culturali[2].

L'informazione si configura come infrastruttura operativa della progettazione, assumendo il ruolo di nuovo substrato che ne orienta processi e decisioni. Questa infrastruttura incorpora assetti di potere e logiche di controllo, soprattutto quando la raccolta e la gestione dei dati avvengono all'interno di sistemi opachi e concentrati, capaci di trasformare il progetto in un dispositivo di sorveglianza. Il paradigma data-driven mette in discussione il confine tra conoscenza tecnica e governance po-

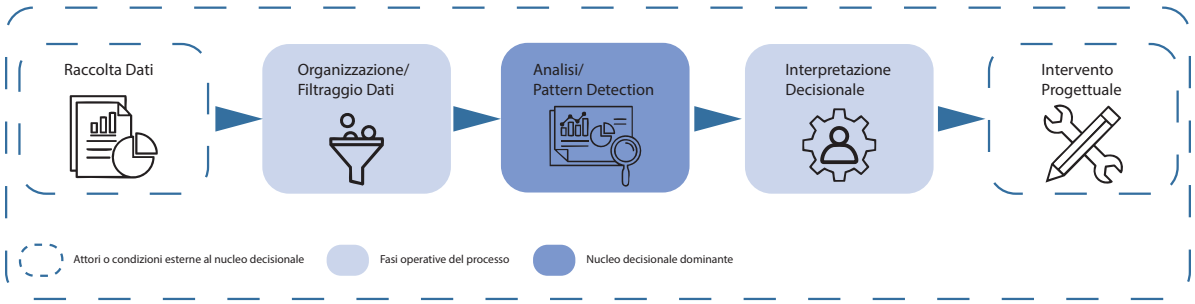
litica: chi ha accesso ai dati? Chi interpreta i pattern? Chi decide le soglie di intervento?

Questo paradigma introduce una **razionalità adattiva e predittiva**, ma spesso senza esplicitare la cornice di valori entro cui si opera. Il progetto è ottimizzato secondo ciò che "funziona" nel breve termine, ma può perdere la capacità di fare scelte progettuali orientate al lungo periodo, alla qualità simbolica, all'utopia. Come ammonisce Evgeny Morozov, il rischio è che l'ideologia della "soluzione efficiente" sostituisca la domanda sul senso[3].

In sintesi, il paradigma data-driven:

- adattività fondata sull'elaborazione di dati in tempo reale;
- distribuisce le decisioni tra piattaforme, algoritmi, utenti e progettisti in un ecosistema cognitivo decentrato;
- sapere empirico e flessibile;
- marginalizza l'intenzionalità progettuale
- efficace sull'immediato, debole sul lungo periodo

Il dibattito assume una dimensione filosofica e politica, legata alla ridefinizione dell'agency progettuale e alla necessità di rendere espliciti i presupposti incorporati nelle scelte computazionali. In questa prospettiva, i dati vengono trattati come enunciati interpretabili e negoziabili, all'interno di un quadro di intelligenza collettiva.



1 Ratti, C., & Claudel, M. (2016)
2 Kitchin, R. (2014)
3 Morozov, E. (2013)Batty, M. (2013)
4 Capozzi, M., & Mies, G. (2022)

Progettazione partecipata

Il paradigma della progettazione partecipata emerge come risposta critica ai modelli autoreferenziali e tecnocratici che hanno escluso i soggetti d'uso dai processi decisionali. Affermatosi nei contesti scandinavi degli anni Settanta, in ambito industriale e sindacale[1], esso si fonda su una visione relazionale del progetto, nella quale l'esito progettuale deriva da una negoziazione tra saperi, interessi e valori eterogenei. L'oggetto del progetto viene così costruito attraverso un'interazione strutturata tra esperti e non esperti, con il riconoscimento degli utenti come co-autori del processo[2]. Il designer assume una funzione di mediazione e co-creazione, mentre la progettazione partecipata si configura come dispositivo di ascolto e attivazione fondato su workshop, focus group, co-design labs e strumenti digitali, orientati a far emergere conoscenze tacite, bisogni sommersi e rappresentazioni plurali del problema. La qualità progettuale risulta quindi strettamente connessa alla qualità delle relazioni che il processo è in grado di attivare[3].

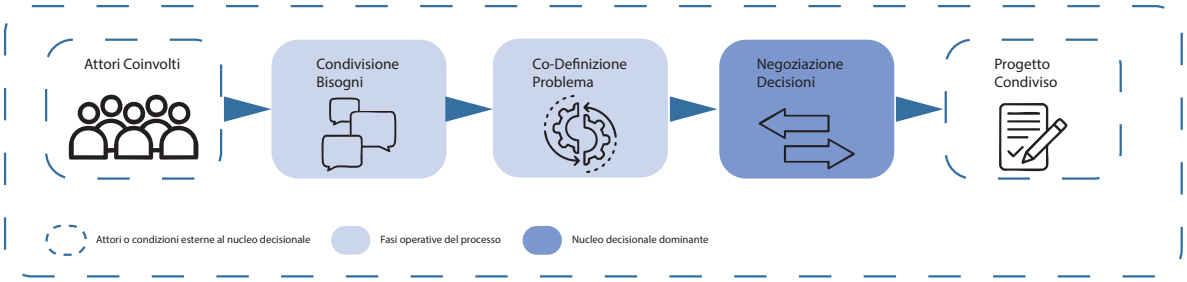
Il paradigma della progettazione partecipata si fonda su una logica riflessiva[4] e trasformativa, entro la quale progettare coincide anche con un processo di apprendimento collettivo. Le conoscenze che emergono restano radicate nei contesti e nelle condizioni specifiche in cui si producono, e risultano strettamente connesse ai vissuti, alle pratiche e alle culture locali[5]. Il processo decisionale assume così una struttura distribuita, dialogica e iterativa, mentre la qualità del progetto dipende dalla trasparenza del processo, dalla tracciabilità delle scelte e dalla capacità di integrare conflitti e divergenze[6]. A questa impostazione si accompagnano tuttavia criticità rilevanti, poiché la partecipazione può assumere forme rituali o meramente legittimanti[7]. In contesti segnati da asimmetrie sociali e culturali, tali dinamiche possono inoltre riprodurre esclusioni invece di ridurle[8].

La progettazione partecipata solleva interrogativi etici e metodologici sulla rappresentatività, sull'effettiva capacità di influenzare le decisioni, sulla sostenibilità degli esiti. E' essenziale distinguere tra partecipazione simbolica e partecipazione sostanziale: chi partecipa, con quale ruolo, in quali momenti e con quale impatto? [9]

In sintesi:

- assume una razionalità dialogica, inclusiva e riflessiva;
- distribuisce il potere decisionale tra una pluralità di attori sociali;
- valorizza forme di conoscenza situata, tacita e relazionale;
- problematizza il ruolo del progettista come mediatore, più che autore;
- mette in discussione l'idea di qualità progettuale come esito formale o funzionale, privilegiando invece la qualità del processo.

Le modalità di implementazione in contesti istituzionali rigidi, segnati da vincoli temporali, risorse limitate e assetti decisionali consolidati, influenzano in modo significativo la qualità dei processi partecipativi. La partecipazione si configura come uno dei dispositivi centrali per la democratizzazione del progetto, attraverso il rafforzamento di senso, agency e responsabilità dei soggetti coinvolti[10].



1 Ehn, P. (1993)
2 Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008)
3 Mechelen, M. van, et al. (2019)
4 Schön, D. A. (1983)
5 Manzini, E. (2015).
6 Nabatchi, T. (2012).
7 Greenbaum, J., & Loi, D. (2012)
8 Scherhaufer, P. (2021
9 Fung, A. (2006)
10 Drain, B., & Sanders, E. B.-N. (2019)

3.2.1 MODELLI E PARTECIPAZIONE NELLA PROGETTAZIONE

La progettazione architettonica contemporanea si confronta con una trasformazione strutturale del proprio campo operativo, che investe simultaneamente il ruolo del progetto, la natura del sapere progettuale e le modalità di assunzione delle decisioni. Questa trasformazione non riguarda principalmente questioni formali o stilistiche, ma incide sul funzionamento stesso del processo progettuale, sempre più chiamato a operare in contesti caratterizzati da complessità sociale, pluralità di attori, conflittualità latente e incertezza decisionale. In questo quadro, il progetto non può più essere inteso come una sequenza lineare di scelte tecniche, ma come un dispositivo di mediazione tra saperi eterogenei, interessi divergenti e temporalità differenti.

Questa condizione ha progressivamente messo in crisi tre assunti fondativi della progettazione moderna: l'idea di un progetto come atto concluso e autosufficiente; la centralità del progettista come unico detentore del sapere legittimo; la possibilità di anticipare integralmente le decisioni progettuali prima dell'uso. La distanza tra progetto e vita quotidiana degli spazi costruiti, più volte evidenziata dalla letteratura critica, ha mostrato come molte scelte progettuali risultino inefficaci o inadeguate una volta confrontate con le pratiche reali dell'abitare[1].
È in risposta a questa crisi che la partecipazione viene progressivamente introdotta nel discorso progettuale.Fin dalle sue prime applicazioni, la partecipazione assume la forma di un insieme eterogeneo di pratiche, strumenti e retoriche, spesso caratterizzate da ambiguità strutturali. Più che concentrarsi su una definizione univoca della partecipazione, risulta quindi necessario analizzare come essa venga impiegata nel processo progettuale, in quali momenti, con quale incidenza decisionale e con quali effetti nel tempo.

Una prima configurazione della partecipazione si afferma sotto forma di coinvolgimento consultivo. In questo modello, la partecipazione assume il ruolo di apertura del processo progettuale a istanze esterne, generalmente attraverso assemblee pubbliche, workshop, interviste o questionari non strutturati. Il valore di queste pratiche risiede nella loro capacità di rendere visibili bisogni, conflitti e aspettative che il sapere tecnico tende a trascurare. Come evidenziato da Henry Sanoff, queste modalità producono prevalentemente contributi qualitativi difficilmente integrabili nel processo decisionale, rimanendo spesso separate dalle fasi in cui le scelte progettuali vengono effettivamente assunte[2].
In questa configurazione, la partecipazione svolge una funzione prevalentemente simbolica: apre il processo, ma non lo struttura. Le informazioni raccolte non vengono tradotte in criteri progettuali verificabili, né sono rese confrontabili nel tempo.
La scala di Arnstein, pur senza essere assunta come modello operativo rigido, rimane utile come strumento critico per evidenziare come molte pratiche partecipative si collochino nei livelli più bassi dell'incidenza decisionale, senza alterare in modo sostanziale i rapporti di potere all'interno del progetto[3]. Anche Giancarlo De Carlo, pur sostenendo con forza la necessità di coinvolgere gli abitanti, mette in guardia contro una partecipazione ridotta a rituale, incapace di trasformare realmente il processo progettuale[4].

Nel tentativo di superare i limiti della partecipazione consultiva e simbolica, una serie di pratiche architettoniche contemporanee ha sperimentato forme di coinvolgimento più profonde, fondate su processi collaborativi strutturati e su un ripensamento del ruolo dell'utente all'interno del progetto. In questi casi, la partecipazione assume il ruolo di dispositivo operativo capace di incidere sulla definizione del programma, sulle scelte spaziali e sulle modalità di pro-

duzione dell'architettura, andando oltre la mera raccolta di opinioni. Il progetto diventa uno spazio di produzione condivisa di conoscenza, in cui il sapere non è trasferito dall'esperto all'utente, ma emerge dall'interazione tra attori con competenze differenti[5].

L'esperienza dello studio *Die Baupiloten* rappresenta un riferimento emblematico in questo senso. Nei loro progetti per edifici scolastici e spazi educativi, la partecipazione viene articolata attraverso workshop narrativi, strumenti ludici e pratiche di co-immaginazione che coinvolgono direttamente bambini e insegnanti nella fase di definizione dei requisiti spaziali. Il valore di questo approccio risiede nella capacità di rendere visibili bisogni altrimenti inaccessibili al progettista, trasformando l'utente in portatore di conoscenze situate. In questo caso, la partecipazione rimane fortemente mediata dal progettista, che conserva il controllo della traduzione progettuale e della sintesi finale. Il sapere prodotto, pur rilevante sul piano qualitativo, non viene formalizzato in strutture informative stabili, rendendo il processo difficilmente trasferibile come modello sistemico oltre il singolo contesto applicativo[6].
Una tensione analoga attraversa le opere di *Diébédo Francis Kéré*, in cui la partecipazione assume una dimensione materiale e comunitaria. Nei suoi progetti realizzati in contesti rurali africani, il coinvolgimento degli abitanti avviene attraverso il lavoro collettivo, la condivisione delle tecniche costruttive e l'impiego di risorse locali. Qui la partecipazione produce un forte senso di appropriazione e responsabilità verso l'edificio, rafforzando il legame tra spazio costruito e comunità. Allo stesso tempo, si fonda su condizioni sociali, culturali e politiche specifiche, che ne limitano la replicabilità in contesti differenti e ne rendono complessa la formalizzazione all'interno di processi edilizi istituzionalizzati.
Nelle pratiche di *Anna Heringer* e del *Rural Studio*, dove la

partecipazione si intreccia con una dimensione etica e pedagogica del progetto. In questi casi, il processo progettuale diventa anche un dispositivo di apprendimento e di empowerment, capace di produrre effetti che eccedono l'oggetto architettonico. La partecipazione rimane fortemente legata alla presenza diretta dei progettisti e alla loro capacità di gestire relazioni complesse sul campo, senza tradursi in un sistema valutabile, comparabile o integrabile all'interno di una filiera progettuale più ampia.
La partecipazione può estendersi oltre la fase progettuale e strutturarsi nella costruzione dell'uso nel tempo. L'esperienza di *Elemental*, guidata da *Alejandro Aravena*, rappresenta in questo senso un riferimento emblematico. Nei progetti di housing incrementale, il progetto viene concepito come deliberatamente incompleto, lasciando agli abitanti la possibilità di completarlo, modificarlo e adattarlo in base alle proprie esigenze. La partecipazione non incide direttamente sulle decisioni iniziali, ma si manifesta attraverso l'appropriazione e la trasformazione dello spazio costruito.

Questo approccio riconosce che molte decisioni progettuali non possono essere anticipate e che l'uso costituisce una fase cruciale di produzione di conoscenza. La partecipazione prosegue lungo il ciclo di vita dell'opera, coinvolgendo manutenzione, adattamento e trasformazione. Le modifiche operate dagli utenti non vengono sistematicamente documentate né analizzate come dati progettuali. Il sapere prodotto attraverso l'uso resta incorporato nelle pratiche quotidiane, senza alimentare un processo di apprendimento cumulativo. Come osserva Manzini, la partecipazione genera valore solo quando è sostenuta da infrastrutture capaci di renderla leggibile, condivisibile e continuativa nel tempo[7].
Nel loro insieme, queste esperienze mostrano come la partecipazione, quando strutturata come processo collaborativo o come costruzione dell'uso, sia in grado di produrre un

elevato valore sociale, culturale e spaziale. Allo stesso tempo, mettono in evidenza una criticità ricorrente: l'assenza di infrastrutture capaci di trattenere e organizzare questo valore. La partecipazione incide sul progetto, ma non lascia dati; produce apprendimento, ma non memoria; genera qualità, ma non criteri condivisi di valutazione. **Valore alto, assenza di infrastruttura, assenza di memoria, assenza di trasferibilità:** è su questa catena che si misura il limite strutturale dei modelli partecipativi contemporanei.

Modelli	Regime Decisionale	Forma della conoscenza prodotta	Grado di formalizzazione	Infrastruttura di memoria	Continuità temporale	Capacità di trasferibilità
Consultivo	*Centralizzazione nel progettista; contributo*	*Opinioni, bisogni dichiarati, feedback episodici*	*Basso; registrazione descrittiva*	*Assente; nessuna strutturazione cumulativa*	*Episodica; legata alla fase di progetto*	*Nulla; non replicabile come sistema*
Collaborativo	*Mediazione progettista-attori; incidenza parziale*	*Conoscenza, contributi qualitativi*	*Limitata; documentazione narrativa*	*Assente; nessuna strutturazione cumulativa*	*Discontinua; dipende dal facilitatore*	*Locale; difficilmente scalabile*
Costruzione dell'uso	*Decisione distribuita nel tempo attraverso pratiche reali*	*Sapere incorporato nell'uso e nell'adattamento*	*Assente; apprendimento implicito*	*Implicita; non formalizzata come dato*	*Continua ma non monitorata*	*Non sistematizzata; non trasferibile come modello*

Tabella 1. Struttura operativa, regime decisionale e capacità infrastrutturale delle pratiche partecipative

1 Venturi, R. (2002)
2 Sanoff, H. (2000)
3 Arnstein, S. R. (1969)
4 De Carlo, G. (1972)
5 Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008)
6 Brandt, E. (2006)
7 Manzini, E. (2015)

3.2.2 LIMITI STRUTTURALI DEI MODELLI PARTECIPATIVI

Nonostante la progressiva diffusione delle pratiche partecipative nel progetto architettonico, l'analisi critica delle loro modalità operative evidenzia una serie di limiti strutturali ricorrenti. Questi limiti riguardano il modo in cui la partecipazione viene integrata all'interno del processo progettuale e decisionale, incidendo sulla sua legittimità operativa e sul valore sociale e culturale delle esperienze analizzate.

Un primo limite riguarda la **fragilità strutturale del dispositivo partecipativo.** Nella maggior parte dei casi, la partecipazione si configura come un'azione episodica, concentrata in momenti circoscritti del processo, senza un'infrastruttura capace di sostenerla nel tempo. Workshop, assemblee, laboratori di co-design producono contributi rilevanti, ma restano eventi isolati, non connessi tra loro né inseriti in una continuità operativa. In questo senso, l'assenza di infrastruttura non va intesa come una semplice carenza di strumenti operativi, ma come una condizione che determina ciò che può essere reso visibile, legittimo e operabile all'interno del processo progettuale. Le infrastrutture non sono elementi neutrali o puramente tecnici, ma dispositivi che organizzano il sapere, stabiliscono soglie di accesso e rendono alcune pratiche tracciabili mentre altre rimangono invisibili[1]. La partecipazione tende così a esaurirsi nella fase di apertura del progetto, senza incidere sulle successive fasi di sviluppo, verifica e trasformazione[2].

A questa debolezza strutturale si associa una **mancanza di formalizzazione della conoscenza prodotta.** Le pratiche partecipative generano una grande quantità di informazioni: bisogni, aspettative, conflitti, narrazioni d'uso, che rimangono prevalentemente qualitative e non vengono tradotte in dati progettuali strutturati. Il sapere che emerge

dalla partecipazione resta incorporato nelle relazioni e nelle esperienze, ma difficilmente viene reso confrontabile, verificabile o cumulabile. La partecipazione produce conoscenza, ma non costruisce memoria[3].

Questa assenza di memoria comporta la **non trasferibilità dei processi partecipativi.** Ogni esperienza rimane fortemente legata al contesto specifico in cui si sviluppa - sociale, culturale, temporale - e alla presenza diretta dei progettisti che ne gestiscono le dinamiche. Il valore prodotto è elevato, ma non si traduce in un metodo replicabile o adattabile ad altri contesti. Brandt sottolinea come molti strumenti partecipativi funzionino come "dispositivi esplorativi", efficaci nel singolo caso, ma incapaci di costruire una base metodologica stabile[4].

Un nodo centrale riguarda la limitata incidenza decisionale della partecipazione. Anche nei modelli collaborativi più avanzati, essa raggiunge raramente i livelli in cui si definiscono le scelte strategiche. La traduzione delle istanze emerse resta così affidata alla mediazione del progettista, che mantiene il controllo della sintesi finale. Arnstein mostra come questo assetto produca una partecipazione formalmente inclusiva ma subordinata, entro rapporti di potere sostanzialmente invariati[5]. La partecipazione incide sul processo, mentre l'architettura decisionale conserva la propria struttura. Questa condizione deriva anche dall'interazione con sistemi decisionali complessi, privi di canali stabili di traduzione tra contributo e decisione[6].
La **valutazione ex post** rimane una fase poco strutturata nelle pratiche partecipative, che prevedono in misura limitata strumenti per analizzare gli effetti delle decisioni nel tempo, una volta che lo spazio è abitato, trasformato e adattato. L'uso, pur essendo una fase cruciale di produzione di conoscenza, rimane esterno al sistema progettuale. Le trasfor-

mazioni operate dagli utenti non vengono lette come dati, né reinserite in un ciclo di apprendimento. L'uso produce esperienza, ma l'esperienza non diventa automaticamente conoscenza progettuale. L'apprendimento richiede dispositivi riflessivi capaci di trasformare l'azione situata in sapere comunicabile; in assenza di questi dispositivi, anche pratiche ad alto valore partecipativo rimangono confinate a un livello tacito, non cumulabile e non trasferibile[7].
Senza dispositivi di restituzione e apprendimento, la partecipazione rischia di produrre valore locale senza incidere sulla qualità complessiva dei processi[8].

Infine, questi limiti concorrono a una criticità più profonda: la discontinuità della partecipazione lungo il processo edilizio. La partecipazione viene attivata in modo puntuale, ma non accompagna il progetto nelle sue fasi successive - dalla progettazione alla costruzione, dalla gestione alla trasformazione. Ne deriva una frammentazione che impedisce alla partecipazione di diventare una componente strutturale del processo, capace di collegare decisioni, uso e trasformazione nel tempo. Nel loro insieme, questi elementi delineano una condizione ricorrente: la partecipazione produce alto valore, ma in assenza di struttura, dati, memoria e continuità. È su questa catena : valore elevato e debolezza infrastrutturale, che si misura il limite strutturale dei modelli partecipativi contemporanei, e che si rende necessario interrogare nuove modalità di integrazione della partecipazione nel processo progettuale.[1]

1 Star, S. L. (1999)
2 Sanoff, H. (2000)
3 Schön, D. A. (1983)
4 Brandt, E. (2006) Designskole
5 Arnstein, S. R. (1969)
6 Fung, A. (2006)
7 Schön, D. A. (1983)
8 Manzini, E. (2015)

3.2.3 STRUMENTI DIGITALI NELLA PROGETTAZIONE PARTECIPATA

L'analisi delle pratiche partecipative sviluppate negli ultimi decenni evidenzia un paradosso strutturale della progettazione architettonica contemporanea. La partecipazione si è affermata come risposta alla crisi dei modelli decisionali fondati sul solo sapere esperto e sulla previsione a priori dell'uso, ma la sua istituzionalizzazione come componente stabile del processo progettuale resta debole. Le pratiche analizzate mostrano che la partecipazione produce valore, poiché introduce saperi plurali, rafforza il rapporto tra spazio e comunità e rende visibili bisogni esclusi dal campo decisionale. Questo valore, tuttavia, resta spesso circoscritto al singolo evento o progetto e incontra difficoltà nei processi di accumulazione, trasferimento e valutazione nel tempo[1].

L'assenza di un'infrastruttura capace di integrare la partecipazione nella logica operativa del processo edilizio costituisce il nodo critico principale. Le informazioni prodotte attraverso workshop, co-design o pratiche d'uso restano spesso prive di traduzione in oggetti progettuali riconosciuti, in dati strutturati, in sistemi di rappresentazione e verifica o in una memoria condivisa del processo[2]. La conoscenza generata dalla partecipazione incontra così difficoltà nei passaggi che la rendono operativa e decisionale.

Questa fragilità emerge anche sul piano temporale. La partecipazione tende a concentrarsi in momenti circoscritti, spesso collocati nelle fasi iniziali del progetto, mentre uso, manutenzione, adattamento e trasformazione restano ambiti scarsamente osservati, pur costituendo sedi rilevanti di produzione di conoscenza progettuale[3]. La mancanza di continuità limita la capacità della partecipazione di agire come dispositivo di apprendimento nel tempo e chiarisce

il carattere strutturale di questa condizione. La crisi della partecipazione si manifesta infatti nel rapporto con sistemi normativi, procedure decisionali rigide e modelli di responsabilità progettuale privi di strumenti adeguati ad accogliere saperi non formalizzati. In assenza di dispositivi capaci di rendere leggibili, confrontabili e verificabili i contributi degli utenti, la partecipazione resta esterna ai luoghi in cui le decisioni vengono assunte[4].
La partecipazione, nelle forme finora prevalenti, opera soprattutto come dispositivo rivelatore delle rigidità e delle asimmetrie del processo progettuale. Il suo limite assume così carattere infrastrutturale. La questione centrale riguarda quindi le condizioni attraverso cui essa può trasformarsi da pratica episodica a componente strutturata del processo. Ciò richiede una revisione delle modalità di raccolta, organizzazione e restituzione delle informazioni generate dalla partecipazione, insieme a una ridefinizione del rapporto tra decisione progettuale, uso e conoscenza.

È in questo scarto tra il valore prodotto dai processi partecipativi e la loro capacità di conservarlo e trasferirlo che si colloca il passaggio ai capitoli successivi. L'introduzione di strumenti capaci di strutturare i dati, garantire continuità informativa e rendere comunicabili i processi decisionali costituisce una condizione di sviluppo della partecipazione. Entro una simile infrastruttura, la partecipazione può entrare stabilmente in un modello progettuale capace di apprendere nel tempo.

1 Sanoff, H. (2000)
2 Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008)
3 Manzini, E. (2015)
4 De Carlo, G. (1972)

3.3 INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN ARCHITETTURA E PROSPETTIVE DI INNOVAZIONE

L'ingresso dell'intelligenza artificiale nel progetto architettonico è stato rapidamente assorbito all'interno di un immaginario che privilegia la produzione formale e la capacità generativa degli algoritmi. L'attenzione si è concentrata sulla possibilità che la macchina produca immagini, configurazioni spaziali o soluzioni progettuali apparentemente autonome, alimentando una narrazione incentrata sulla sostituzione dell'autore e sulla trasformazione radicale della creatività. In architettura, l'intelligenza artificiale incide sul progetto nel punto più delicato del processo: il luogo del giudizio. Il nodo centrale riguarda il modo in cui le decisioni vengono costruite, giustificate e assunte come responsabilità progettuale, più che l'estetica degli output prodotti.
Il progetto architettonico si configura come un processo aperto, in cui obiettivi e criteri vengono definiti e ridefiniti nel corso del lavoro, i vincoli entrano in tensione e le priorità si riorientano in relazione al contesto tecnico, normativo e sociale. Il giudizio progettuale prende forma attraverso la costruzione progressiva del campo delle possibilità, piuttosto che attraverso la selezione di un'opzione tra alternative predefinite. Decidere implica stabilire relazioni tra fattori eterogenei, attribuire pesi, accettare compromessi e assumere conseguenze solo parzialmente prevedibili. Questa struttura iterativa e non lineare rende l'architettura un ambito in cui la decisione mantiene una dimensione intrinsecamente umana e responsabile[1].

All'interno di questo quadro, l'intelligenza artificiale introduce una forma di conoscenza profondamente diversa da quella che sostiene il giudizio progettuale. I sistemi di apprendimento automatico e i modelli generativi operano su basi statistiche, producendo inferenze probabilistiche a

partire da grandi quantità di dati. La loro forza risiede nella capacità di riconoscere pattern, confrontare scenari, anticipare effetti prestazionali. Si tratta di una conoscenza comparativa e previsionale, estremamente efficace quando il problema è sufficientemente stabilizzato e le variabili sono formalizzabili[2]. Questa conoscenza, però, non è intenzionale. Non nasce da una presa di posizione rispetto a un fine, né da una responsabilità rispetto agli esiti. L'output algoritmico può essere coerente e plausibile senza essere il risultato di una decisione.
È qui che si manifesta il primo limite strutturale dell'IA in architettura. La plausibilità non equivale alla scelta progettuale. Il progetto non richiede solo coerenza interna, ma la capacità di assumere una direzione tra alternative qualitativamente diverse e non commensurabili. L'intelligenza artificiale può informare il giudizio, ampliarne il campo, renderne più evidenti le conseguenze, ma non può sostituirlo perché non è in grado di rispondere delle decisioni che produce. Questo non dipende da un'insufficienza tecnologica, ma dall'assenza di agency, intesa come capacità di agire intenzionalmente e di assumere responsabilità[3].

Il rischio che emerge dall'integrazione non critica dell'IA nel processo progettuale non è l'automazione in sé, ma lo spostamento implicito del luogo della decisione. Quando l'output algoritmico viene assunto come neutro o intrinsecamente ottimizzato, il progettista può essere indotto a limitarsi a una validazione a posteriori, rinunciando progressivamente alla costruzione esplicita dei criteri che guidano il progetto. Questo slittamento, spesso descritto come agency loop, non elimina la figura dell'architetto, ma ne indebolisce il ruolo critico, trasformando il progetto in una sequenza di conferme piuttosto che in un processo di scelta consapevole[4]. In un ambito come quello architettonico, in cui le decisioni hanno ricadute materiali, normative e socia-

li, tale opacizzazione del giudizio assume un peso specifico rilevante.

L'osservazione delle pratiche professionali contemporanee consente di verificare come questa tensione sia già operativa all'interno della disciplina. Le indagini condotte in ambito RIBA mostrano che l'adozione dell'intelligenza artificiale negli studi di architettura avviene in modo selettivo e controllato, seguendo una distinzione implicita tra ambiti delegabili e ambiti non delegabili[5].

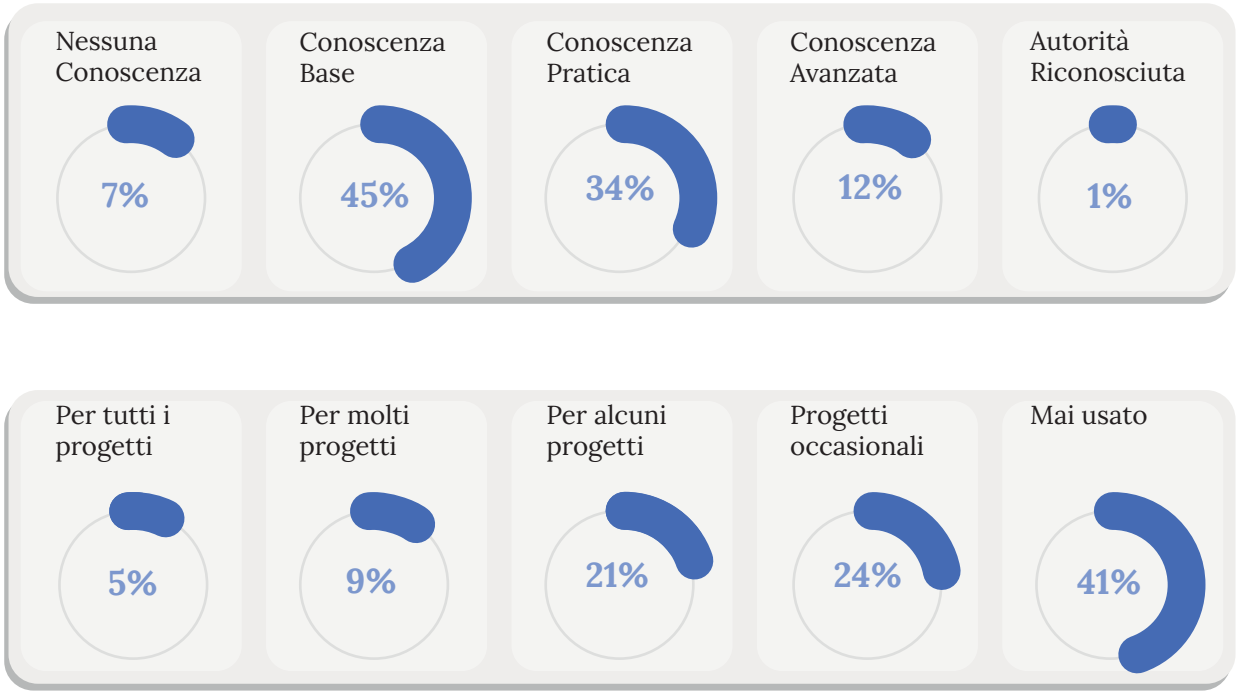


Figura 3
Livello di conoscenza dell'IA e frequenza d'uso nella pratica professionale

I grafici rielaborano i risultati di una survey condotta dal Royal Institute of British Architects (RIBA), indica l'utilizzo e la conoscenza dell' intelligenza artificiale all'interno degli studi di progettazione e sull'agency nei processi decisionali.

Fonte: rielaborazione dell'autore su dati del Royal Institute of British Architects (RIBA), AI Report 2025.

La relazione tra conoscenza e uso suggerisce di collocare l'IA in punti specifici del processo, riconoscendone la funzione operativa in rapporto a esigenze determinate.

La consapevolezza delle potenzialità non si traduce automaticamente in delega decisionale. Al contrario, emerge una distanza tra familiarità tecnica e assunzione di responsabilità, che segnala una soglia disciplinare già attiva. Questa soglia diventa ancora più evidente quando si osserva la distribuzione degli ambiti di adozione dell'IA lungo il processo progettuale.

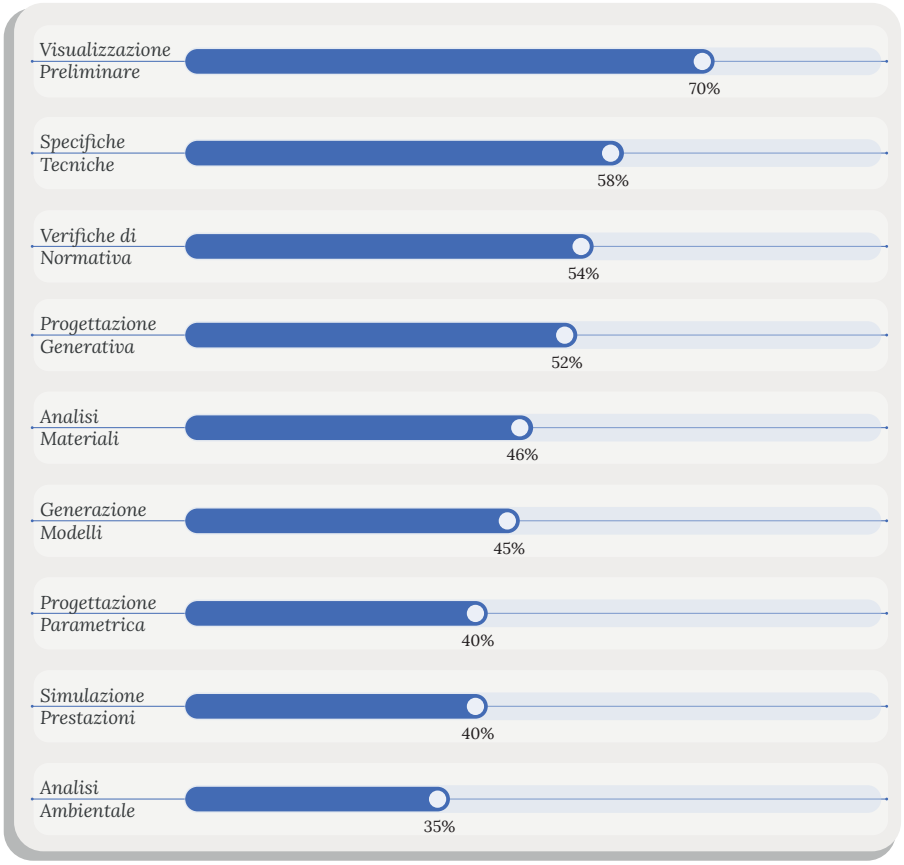


Figura 3.1
Livello di adozione dell'intelligenza artificiale nelle diverse fasi del processo progettuale.

Il grafico mostra la distribuzione della frequenza in percentuale d'uso dell'IA nelle diverse attività del processo progettuale.

Fonte: elaborazione dell'autore su dati del Royal Institute of British Architects (RIBA), AI Report 2025.

.

L'intelligenza artificiale viene adottata anche nell'ambito della gestione del progetto, sebbene con una diffusione inferiore rispetto alle fasi strettamente progettuali. Anche in questo caso, il livello di adozione varia in funzione delle specifiche attività.

La maggior parte dei rispondenti utilizza l'IA per la redazione di report e per la predisposizione di offerte e proposte. La facilità con cui l'IA è in grado di generare testi plausibili, sebbene talvolta superficiali, si riflette nell'ampia diffusione del suo impiego nella redazione dei report: l'8% dei rispondenti dichiara di utilizzarla sempre, il 18% frequentemente, il 42% occasionalmente e il 21% raramente. Solo l'11% afferma di non farne mai uso in questa attività.

L'uso dell'IA per la predisposizione di offerte rappresenta la seconda applicazione più diffusa: il 58% dei rispondenti

vi ricorre in qualche misura. In particolare, il 6% la utilizza sempre, l'11% frequentemente, il 26% occasionalmente e il 16% raramente, mentre il 42% dichiara di non utilizzarla mai per questa funzione.
Solo una minoranza ricorre all'IA per attività più complesse e ad alto rischio, quali la gestione contrattuale, la definizione dei compensi o il controllo dei costi di progetto.

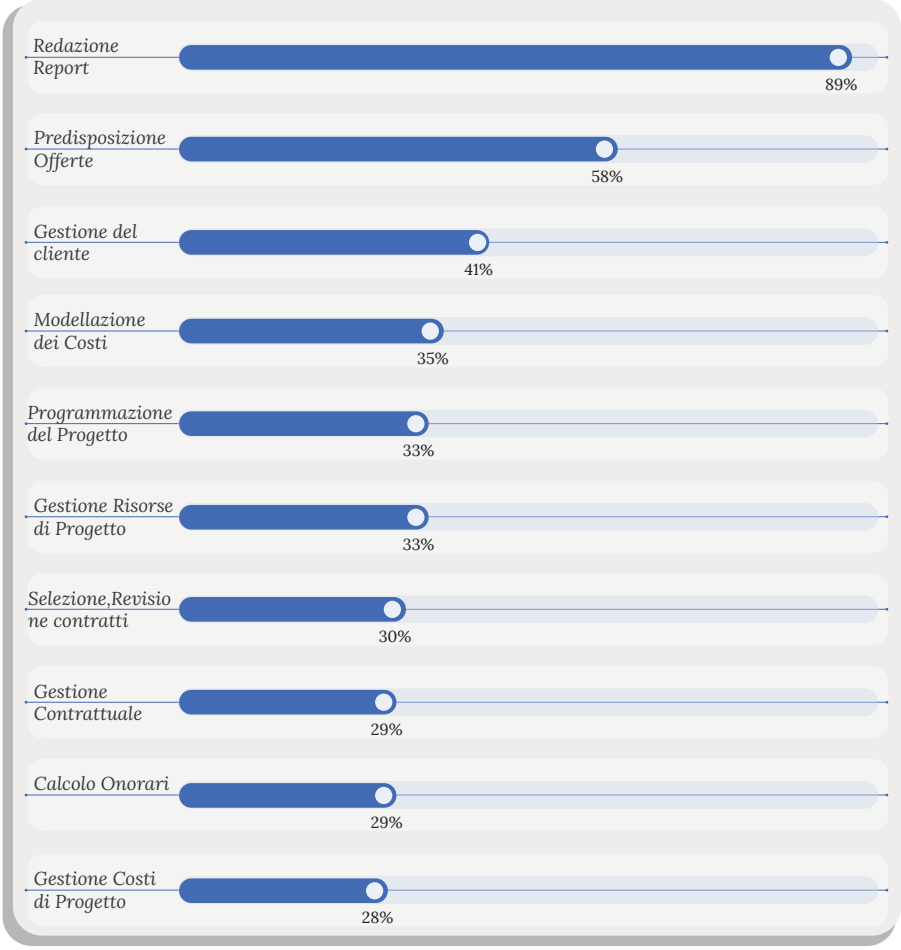


Figura 3.2
Livello di adozione dell'intelligenza artificiale nelle diverse fasi del processo progettuale.

Il grafico mostra la percentuale di utilizzo da parte degli studi di progettazione all'interno delle diverse attività di Project Management, evidenziando una maggiore diffusione nelle
attività di redazione di report e predisposizione di offerte, e un utilizzo più limitato nelle funzioni contrattuali ed economico-gestionali.

Fonte: elaborazione dell'autore su dati del Royal Institute of British Architects (RIBA), AI Report 2025.

La lettura congiunta dei due grafici consente di trarre una considerazione di ordine strutturale. L'intelligenza artificiale viene accolta laddove il problema progettuale è sufficientemente definito da poter essere trattato in termini previsionali e comparativi. Viene invece mantenuta ai margini nei punti in cui il progetto richiede una ridefinizione degli obiettivi, una scelta tra valori non riducibili a metriche univoche, un'assunzione diretta di responsabilità.
La professione distingue già tra supporto al giudizio e sua so-

stituzione. Il tema si sposta così sul piano della responsabilità, della tracciabilità delle decisioni e dell'attribuzione delle conseguenze, più che sulla qualità delle immagini generate o sulla capacità dell'IA di imitare linguaggi architettonici esistenti. In questo senso, l'IA incide sull'architettura nel rapporto tra calcolo e decisione, rendendo meno leggibile il confine tra elaborazione automatica e scelta progettuale.Se letta in questa prospettiva, l'intelligenza artificiale assume un ruolo preciso all'interno del progetto, non come generatore autonomo, ma come infrastruttura cognitiva capace di ampliare il campo informativo della decisione. Attraverso simulazioni, confronti e previsioni, l'IA consente di anticipare effetti ambientali, energetici ed economici, rendendo più consapevoli scelte che altrimenti resterebbero parzialmente opache[6]. Il suo contributo è rilevante perché non coincide con la decisione, ma con la costruzione delle condizioni che la rendono possibile.

Questa distinzione permette di riformulare anche il rapporto tra tempo e progetto. Automatizzando attività ripetitive e di verifica, l'IA riduce il tempo del processo, liberando risorse cognitive per la qualità della decisione progettuale. Non accelera il progetto per moltiplicare le soluzioni, ma per rendere più denso il momento del giudizio. Quando questa distinzione viene meno, l'automazione perde il suo valore progettuale e si riduce a mera velocizzazione.
A questo punto, la questione dell'intelligenza artificiale non può che essere ricondotta al piano del processo e della responsabilità. Se l'IA entra stabilmente nel progetto come infrastruttura decisionale indiretta, diventa necessario rendere esplicite le soglie di delega, chiarire i ruoli e stabilire criteri condivisi di attribuzione delle decisioni. Nei processi progettuali mediati da sistemi computazionali complessi, diventa centrale garantire l'identificabilità dei soggetti decisionali, la trasparenza dei criteri adottati e l'attribuibilità delle conseguenze. In assenza di questa chiarezza, il progetto rischia di trasformarsi in un insieme opaco

di procedure automatizzate, difficili da valutare e da governare. In questa prospettiva, l'introduzione dell'intelligenza artificiale ridefinisce la centralità dell'architetto, rendendola più esposta e, proprio per questo, più necessaria all'interno del processo progettuale. L'IA rende esplicito ciò che il progetto ha sempre richiesto: una distinzione netta tra ciò che può essere calcolato e ciò che deve essere deciso. Assumere consapevolmente questa distinzione significa riconoscere che l'innovazione tecnologica, in architettura, non è mai neutra, ma chiama in causa il modo stesso in cui la disciplina organizza il processo, costruisce il giudizio e assume la responsabilità delle proprie scelte[7].

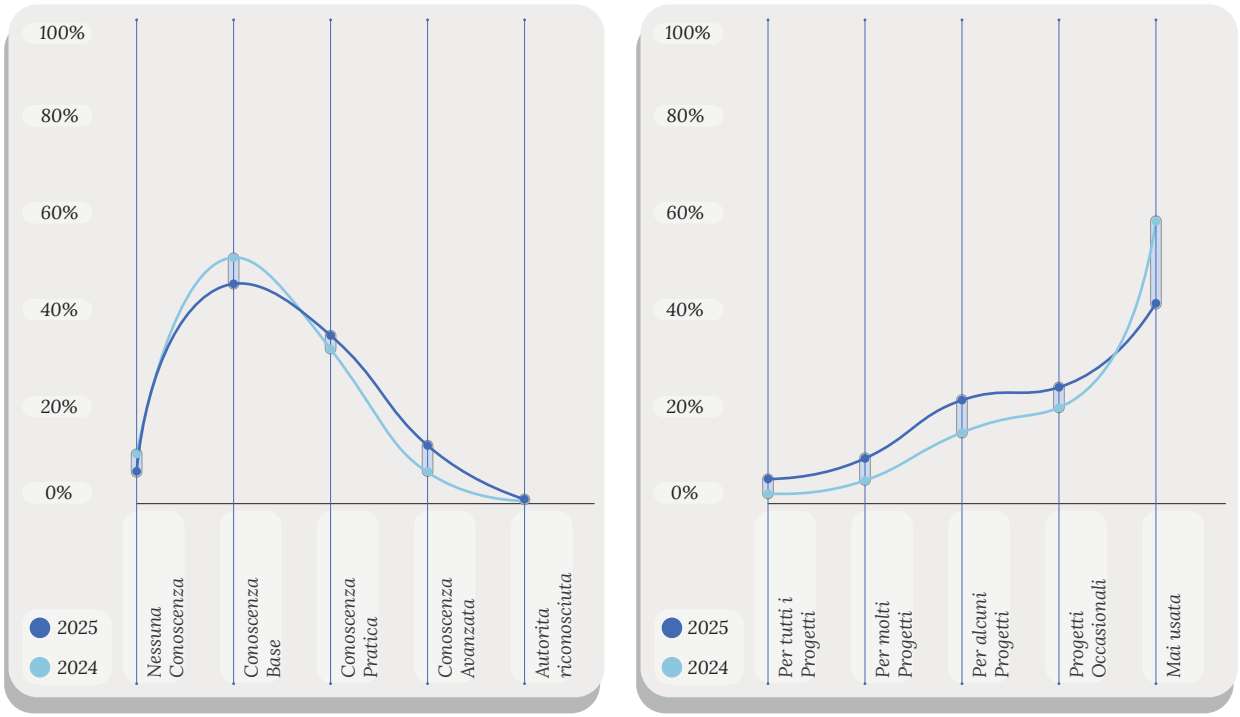


Figura 3.3
Livello di conoscenza dell'IA (immagine a sinistra) e frequenza d'uso nella pratica professionale (immagine a destra), confronto tra l'anno 2024 e 2025

Fonte: elaborazione dell'autore su dati del Royal Institute of British Architects (RIBA), AI Report 2025.

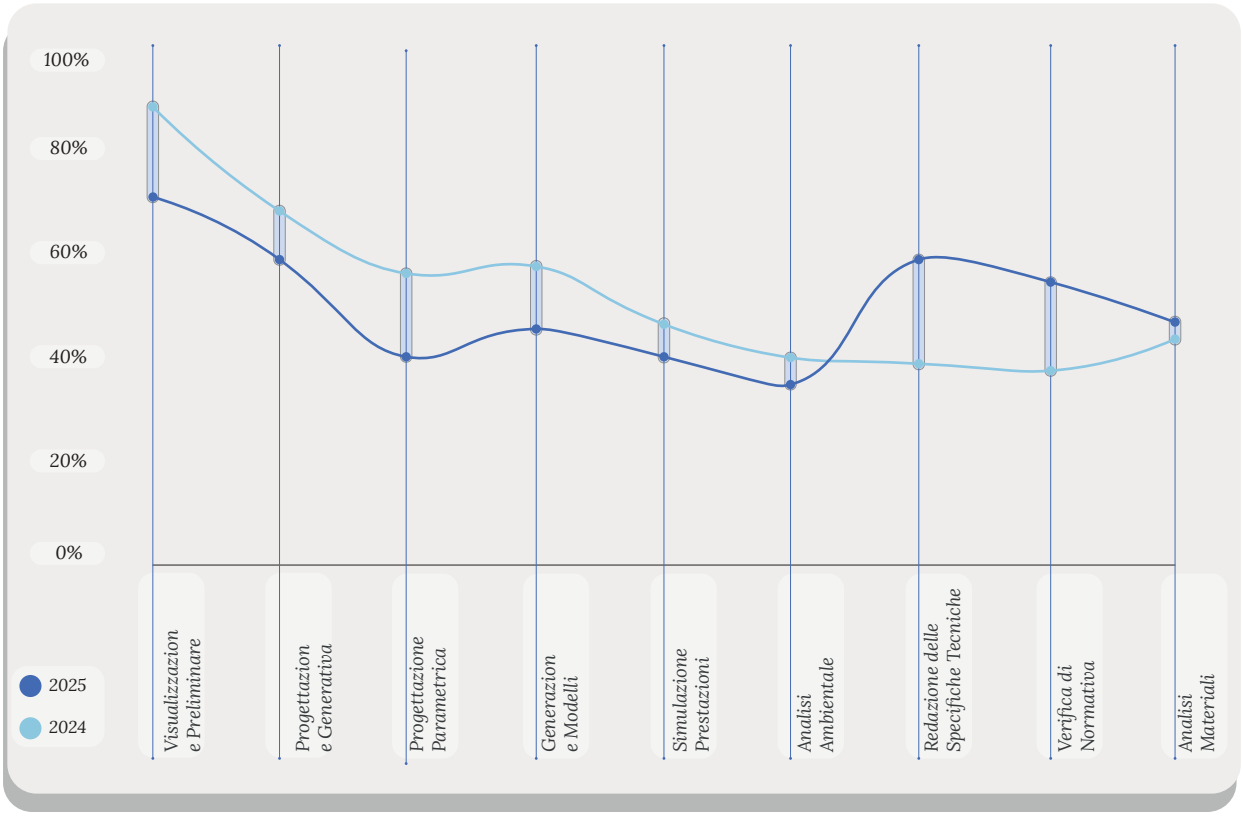


Figura 3.4
Livello di adozione dell'intelligenza artificiale nelle diverse fasi del processo progettuale, confronto tra l'anno 2024 e 2025.

Il grafico mostra la distribuzione della frequenza in percentuale d'uso dell'IA nelle diverse attività del processo progettuale.

Fonte: elaborazione dell'autore su dati del Royal Institute of British Architects (RIBA), *AI Report* 2025.

3.3.1 INTELLIGENZA ARTIFICIALE E PROCESSO PARTECIPATIVO

La diffusione delle pratiche partecipative nel progetto architettonico contemporaneo ha reso evidente una contraddizione strutturale: mentre il coinvolgimento degli utenti è ormai riconosciuto come valore progettuale, i processi entro cui questo coinvolgimento avviene restano, nella maggior parte dei casi, privi di una struttura capace di trasformare l'interazione in conoscenza operativa. La partecipazione genera contributi, esperienze e apprendimenti la cui integrazione nell'organizzazione del processo decisionale e nella continuità del progetto nel tempo dipende dal grado di strutturazione metodologica adottato.
L'analisi si concentra sulle modalità di integrazione e di traduzione operativa delle pratiche partecipative all'interno del processo progettuale. Come illustrato nel capitolo precedente, numerose esperienze documentano la capacità della partecipazione di produrre qualità spaziale, appropriazione sociale e adattabilità d'uso a scala locale. Ciò che emerge come critico è l'assenza di un'architettura del processo in grado di trattenere, organizzare e rendere trasferibile il sapere prodotto. La partecipazione viene inserita come evento o come fase circoscritta, ma non come componente strutturale del ciclo progettuale.

L'analisi evidenzia una criticità di ordine cognitivo legata alle modalità di strutturazione dei contributi degli utenti. Questi contributi assumono prevalentemente una forma qualitativa, frammentaria e situazionale e richiedono strumenti capaci di tradurli in criteri progettuali espliciti e di integrarli in sistemi di valutazione in grado di accompagnare il progetto nelle fasi successive. Il sapere generato rimane incorporato nelle relazioni e nelle pratiche, senza essere trasformato in informazione strutturata. Come evidenziato

da Sanders e Stappers, la co-creazione produce conoscenza solo nella misura in cui esistono dispositivi capaci di renderla leggibile, confrontabile e cumulabile[1].

Questa condizione comporta una debole strutturazione della memoria progettuale. I processi partecipativi lasciano tracce difficilmente capitalizzabili oltre il singolo progetto e tendono a produrre esiti poco sistematizzati, con una limitata capacità di alimentare dataset, archivi comparabili e analisi retrospettive sull'efficacia delle scelte adottate.
Ogni esperienza tende a ripartire da zero, anche quando si confronta con problematiche analoghe. Questa discontinuità impedisce la costruzione di un sapere progettuale condiviso e limita la possibilità di apprendimento sistemico all'interno della disciplina.
A ciò si aggiunge una fragilità sul piano della valutazione. In assenza di parametri espliciti e di strumenti di monitoraggio nel tempo, la qualità dei processi partecipativi viene spesso giudicata sulla base di percezioni immediate o di esiti narrativi, piuttosto che attraverso criteri verificabili. La partecipazione è considerata "riuscita" perché ha attivato consenso o coinvolgimento, ma raramente viene analizzata in relazione agli effetti prodotti sull'uso dello spazio, sulle trasformazioni successive o sulla sostenibilità delle decisioni assunte. Come osserva Manzini, senza infrastrutture di valutazione, la partecipazione rischia di rimanere un valore dichiarato più che una pratica misurabile[2].

Nel processo edilizio emerge una marcata discontinuità, con una partecipazione concentrata prevalentemente nelle fasi iniziali del progetto e progressivamente meno incisiva nelle fasi di costruzione, uso, manutenzione e trasformazione. A questa criticità strutturale si aggiunge un livello di complessità legato alle modalità di integrazione delle tecnologie digitali nei processi partecipativi. Negli ultimi anni,

piattaforme digitali, strumenti di visualizzazione e ambienti interattivi sono stati ampiamente adottati per ampliare le occasioni di coinvolgimento degli utenti, senza che questa diffusione si traduca in un rafforzamento proporzionale della capacità di incidere sulle decisioni progettuali.
Si delinea così una condizione di scollamento tra visibilità del coinvolgimento e solidità strutturale dei processi partecipativi. Le tecnologie digitali operano prevalentemente come dispositivi di interfaccia e rappresentazione e risultano debolmente integrate in infrastrutture capaci di raccogliere, organizzare e restituire in modo sistematico i contributi prodotti. In questo quadro, la digitalizzazione tende a valorizzare pratiche partecipative a carattere performativo, in cui il coinvolgimento degli utenti assume una funzione prevalentemente simbolica. Come osserva Ezio Manzini, la partecipazione genera valore quando è sostenuta da sistemi in grado di rendere leggibile il suo impatto e di garantirne la continuità nel tempo[3].

In questo modo, una parte significativa della conoscenza prodotta dagli utenti – in particolare quella legata all'esperienza d'uso nel tempo - rimane esclusa dal processo progettuale. Il progetto si chiude formalmente, ma il processo di apprendimento che potrebbe derivare dall'uso resta privo di canali di restituzione.

Nel loro insieme, queste condizioni delineano una lacuna strutturale: la partecipazione produce valore, ma non dispone di un'infrastruttura capace di sostenerlo nel tempo. Valore senza struttura genera contributi effimeri; conoscenza senza memoria impedisce l'apprendimento; partecipazione senza continuità non diventa metodo.
È su questa catena - valore, infrastruttura, memoria, trasferibilità - che si misura il limite dei modelli partecipativi contemporanei.

Questa difficoltà si colloca all'intersezione tra le modalità operative delle pratiche partecipative e un quadro istituzionale caratterizzato da una frammentazione del processo edilizio in fasi, competenze e responsabilità debolmente coordinate. In questo contesto, la partecipazione tende a essere collocata in momenti preliminari o marginali del processo, senza una integrazione stabile all'interno dei dispositivi decisionali, normativi e gestionali che regolano la trasformazione dello spazio costruito. La continuità tra programmazione, progetto, realizzazione e uso richiede strutture capaci di accompagnare i contributi partecipativi lungo l'intero ciclo di vita dell'opera, rendendoli cumulabili e incidendo in modo effettivo sulle sue traiettorie evolutive[4].
Una riconfigurazione del processo progettuale come sistema informativo e decisionale continuo consente l'integrazione di dati, scelte progettuali e feedback lungo l'intero ciclo di vita dell'opera, garantendo tracciabilità, cumulabilità e trasferibilità dei contributi prodotti dagli attori coinvolti. La partecipazione, per incidere realmente, deve essere supportata da dispositivi che ne rendano espliciti gli esiti, ne consentano la valutazione e ne garantiscano la continuità. È a partire da questa esigenza strutturale che si rende necessario un passaggio metodologico, oggetto del capitolo successivo.

1 Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008)
2 Manzini, E. (2015)
3 Manzini, E. (2015)
4 Flyvbjerg, B. (2012

3.3.2 ORGANIZZARE IL PROCESSO PROGETTUALE COME INFRASTRUTTURA DI CONOSCENZA

Nel processo progettuale contemporaneo, le modalità di organizzazione, produzione e utilizzo della conoscenza costituiscono una dimensione strutturante del progetto. In contesti segnati da complessità sociale, pluralità di attori e mutabilità degli scenari d'uso, il progetto tende ad assumere la forma di un processo cognitivo esteso, nel quale le decisioni emergono attraverso interazioni successive tra saperi tecnici, contributi degli attori coinvolti e pratiche d'uso. In questo quadro, numerosi studi descrivono il progetto come un sistema di mediazione tra conoscenze eterogenee, capace di coordinare istanze diverse all'interno di un unico dispositivo decisionale[1].

All'interno di questo quadro, i modelli metodologici tradizionali, fondati sulla scomposizione del progetto in fasi autonome e gerarchicamente ordinate, incontrano difficoltà nel governare la produzione di conoscenza che si sviluppa nel corso del processo. La letteratura sul design thinking e sulla reflective practice evidenzia come una parte rilevante del sapere progettuale si costruisca in itinere, attraverso cicli iterativi di azione e riflessione, configurando una dinamica che accompagna l'intero sviluppo del progetto[2]. In questa prospettiva, il metodo inteso come mera organizzazione delle attività risulta poco adeguato a sostenere la dimensione cognitiva del processo progettuale.
L'integrazione della partecipazione nel processo progettuale rende questa condizione particolarmente evidente. Come illustrato nel capitolo precedente, la partecipazione genera contributi rilevanti in termini di qualità spaziale, appropriazione e adattabilità d'uso, che acquisiscono pieno valore quando il processo è in grado di integrarli in modo strutturato. Elizabeth Sanders e Pieter Jan Stappers evidenzia-

no come la co-creazione produca conoscenza progettuale nella misura in cui esistono dispositivi capaci di renderla esplicita, confrontabile e cumulabile nel tempo[3]. In questa prospettiva, la strutturazione metodologica dei contributi partecipativi consente di estendere il loro impatto oltre il singolo progetto, alimentando processi di apprendimento disciplinare e trasferibilità delle pratiche.

La questione metodologica si colloca a monte degli strumenti. L'adozione di tecnologie digitali, piattaforme collaborative o sistemi di supporto decisionale produce effetti significativi solo quando è inserita all'interno di un processo progettuale capace di organizzare le informazioni che questi strumenti generano. La letteratura sul rapporto tra progettazione e digitalizzazione mostra come la disponibilità di dati e simulazioni richieda una chiara definizione delle modalità attraverso cui tali informazioni vengono interpretate e trasformate in decisioni progettuali[4]. In assenza di una struttura di processo, la moltiplicazione delle informazioni tende a rimanere priva di ricadute sulla qualità progettuale.

Da questa prospettiva, la metodologia assume il ruolo di infrastruttura cognitiva del progetto. Definisce le modalità attraverso cui i contributi - tecnici, partecipativi, esperienziali - vengono raccolti, selezionati, tradotti e verificati nel tempo. Un metodo progettuale efficace rende tracciabili le decisioni, chiarendo i passaggi attraverso cui le informazioni incidono sulle scelte; favorisce la trasparenza del processo, consentendo la comprensione dei criteri adottati; garantisce continuità tra le diverse fasi del ciclo di vita dell'opera; permette l'interoperabilità tra saperi differenti, mantenendo una chiara assunzione di responsabilità critica da parte del progettista[5].

In questa prospettiva, la metodologia assume la forma di un dispositivo di organizzazione della conoscenza progettuale. Il progetto viene inteso come processo aperto, capace di integrare feedback, dati e interpretazioni nel tempo, trasformando l'esperienza in apprendimento strutturato. All'interno di questa infrastruttura, la partecipazione si configura come una componente stabile del processo progettuale, integrata in modo continuo nelle sue dinamiche decisionali. È su queste basi metodologiche che si collocano i capitoli successivi, dedicati all'analisi dei dati, alla comunicazione progettuale e alla generazione di scenari. Questi strumenti vengono assunti come elementi operativi di un processo strutturato, orientato a trasformare l'interazione in conoscenza e la conoscenza in progetto.

1 Lawson, B. (2006)
2 Schön, D. A. (1983)
3 Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008)
4 Cross, N. (2007)
5 Manzini, E. (2015)

3.3.3 SISTEMI GENERATIVI E PARTECIPAZIONE COME STRUTTURA DECISIONALE NEL PROCESSO PROGETTUALE

Il progetto architettonico contemporaneo si configura attraverso una riorganizzazione della struttura del processo progettuale. L'aumento della complessità tecnica, sociale e normativa, insieme alla crescente disponibilità di dati e strumenti di simulazione, orienta il progetto verso modelli capaci di superare la sequenza lineare di fasi finalizzate a un esito formale stabilizzato. In questo scenario, il progetto assume la forma di un processo aperto e informato, nel quale obiettivi, criteri e vincoli vengono definiti e ridefiniti lungo il corso del lavoro[1].
All'interno di questa riconfigurazione, il baricentro del progetto si sposta dall'oggetto al processo. Ciò che assume centralità non è più la forma in quanto tale, ma il sistema di decisioni che ne rende possibile l'emergenza. Il progetto si configura come un ambiente decisionale complesso, in cui informazioni, regole, parametri e valutazioni interagiscono in modo dinamico. Le decisioni non sono concentrate in pochi momenti risolutivi, ma distribuite lungo il processo e continuamente rinegoziate alla luce di nuovi dati e feedback[2]. In questo senso, il progetto non precede il processo, ma si costruisce insieme ad esso, producendo conoscenza mentre avanza.

La natura dei problemi affrontati dall'architettura contemporanea, caratterizzati da obiettivi multipli, criteri non pienamente commensurabili e condizioni iniziali instabili, evidenzia i limiti del modello progettuale lineare. La definizione del problema diviene parte integrante del progetto, configurandosi come momento costitutivo del processo decisionale[3]. Il progetto opera così come dispositivo di formulazione del problema, rendendo esplicite le relazioni tra esigenze, risorse e conseguenze delle scelte.

In questo quadro, il progetto assume la forma di un sistema informato. Dati, simulazioni e modelli di valutazione entrano nel processo come materiali progettuali attivi, capaci di orientare le decisioni in tempo reale. Il valore di tali strumenti si esprime nella loro capacità di rendere esplicite le condizioni entro cui si esercita il giudizio progettuale, ampliando lo spazio delle alternative esplorabili e aumentando la leggibilità degli effetti potenziali delle scelte[4].

Le pratiche di progettazione generativa e computazionale rendono particolarmente evidente questo spostamento. In contesti in cui il progetto viene strutturato attraverso pipeline, sistemi a nodi e flussi di trasformazione, la modellazione non rappresenta più il luogo esclusivo della sintesi, ma uno dei momenti di un processo più ampio. La creatività progettuale si manifesta nella definizione delle regole, delle relazioni tra i parametri e dei criteri che governano l'esplorazione dello spazio delle soluzioni[5]. L'output generato ha un carattere provvisorio ed è significativo solo se letto in relazione al percorso che lo ha prodotto.

In questa prospettiva, la generazione si configura come un processo distinto dall'automazione. I sistemi generativi operano per rendere esplorabile un campo di possibilità complesso, ampliando l'orizzonte delle soluzioni accessibili al progetto. Attraverso variazioni controllate, confronti iterativi e processi di selezione progressiva, il progetto assume la forma di un sistema capace di apprendere, nel quale ogni iterazione produce informazioni che retroagiscono sulle regole e sui criteri iniziali[6]. L'iterazione agisce così come meccanismo di adattamento, attraverso cui il processo progettuale si riorganizza nel tempo.
È a partire da questo quadro teorico che si collocano le sperimentazioni sviluppate da Manas Bhatia, volte a indagare il ruolo dei sistemi generativi all'interno di processi proget-

tuali concepiti come ambienti informati e adattivi. Questi progetti sperimentali orientano il progetto verso la costruzione di infrastrutture progettuali capaci di integrare generazione, valutazione e riformulazione all'interno di un unico processo iterativo. Attraverso l'uso combinato di modelli generativi, simulazioni e input esterni, tali sperimentazioni mostrano come il progetto possa essere strutturato come un sistema in evoluzione, nel quale le decisioni emergono progressivamente dal confronto tra alternative, criteri e feedback. In questo assetto, il valore progettuale si concentra nella configurazione del sistema che governa le trasformazioni del progetto, rendendo espliciti i flussi decisionali, le regole di variazione e i meccanismi di adattamento. Questa impostazione consente una riorganizzazione del processo creativo che mantiene il progetto aperto e verificabile e prepara il terreno per modelli più strutturati di integrazione dei dati e della partecipazione, approfonditi nei capitoli successivi[7].

Un aspetto centrale di tali approcci riguarda il ruolo della partecipazione come componente strutturale del processo decisionale. Nelle sperimentazioni citate, la partecipazione si integra nel progetto attraverso flussi informativi che entrano nel sistema come dati in grado di influenzare criteri di valutazione, soglie decisionali e regole di trasformazione. In questo assetto, i contributi degli utenti orientano l'evoluzione del progetto incidendo sul comportamento del sistema generativo, mentre il giudizio progettuale mantiene una funzione di coordinamento e sintesi[8]. La partecipazione opera così sul funzionamento del processo piuttosto che sulla definizione diretta della forma.

La partecipazione assume la funzione di dispositivo di feedback, attraverso il quale le istanze degli utenti vengono integrate come informazioni strutturate in grado di alimen-

tare cicli di valutazione e adattamento. Il progetto si configura così come un processo capace di reagire a input esterni, riorientando progressivamente le proprie decisioni sulla base di conoscenze provenienti da contesti d'uso e pratiche sociali spesso esterne all'ambito disciplinare. Il valore di tali sperimentazioni risiede nella dimostrazione della possibilità di rendere operativo il coinvolgimento degli utenti all'interno del processo creativo, incidendo sulla struttura decisionale del progetto più che sulla definizione immediata della forma[9].

Gli strumenti computazionali operano all'interno di questo assetto come infrastrutture abilitanti, capaci di gestire la complessità informativa, rendere tracciabili le decisioni e costruire scenari alternativi in modo sistematico. Il loro contributo consiste nel supportare il giudizio progettuale, rendendone più esplicite le condizioni operative e le relazioni tra scelte, criteri ed effetti. In questa prospettiva, la progettazione computazionale si configura come uno dei piani attraverso cui il processo progettuale viene riorganizzato e reso operabile[10].

Questa riconfigurazione del processo progettuale comporta un passaggio significativo dal piano dell'estetica a quello della responsabilità. Quando il progetto è strutturato come sistema informato e partecipato, le decisioni diventano leggibili, discutibili e, in parte, condivisibili. I criteri che guidano le scelte non rimangono impliciti, ma vengono resi espliciti attraverso regole, parametri e meccanismi di feedback. La qualità del progetto non è valutata esclusivamente in relazione alla forma finale, ma anche in funzione della coerenza del processo che ha condotto alle decisioni e della capacità di rendere conto delle alternative considerate e scartate[11].
Da questa prospettiva si delinea la necessità di un modello progettuale rinnovato. Metodologie, strumenti di intel-

ligenza artificiale, sistemi di raccolta e interpretazione dei dati e pratiche di partecipazione informata si configurano come esiti coerenti di un progetto concepito come sistema adattivo. In tale modello, il progetto viene riconosciuto come spazio di costruzione e negoziazione delle decisioni, all'interno del quale la creatività opera nella configurazione dei processi e nella capacità di orientarne le trasformazioni. In questa prospettiva, il progetto architettonico contemporaneo ridefinisce la propria centralità all'interno del processo progettuale. Esso si configura come dispositivo critico capace di integrare complessità, informazione e pluralità di attori, superando una concezione esclusivamente orientata alla sintesi formale. Il modello che si delinea si colloca in continuità con la tradizione disciplinare, sviluppandone le potenzialità alla luce di un progetto inteso come processo informato, partecipato e trasformativo.

1 B. Lawson2006
2 Cfr. J. Till, Architecture Depends2009
3 Cfr. H. Rittel, M. Webber 1973, pp. 155–169
4 Cfr. S. Chaillou 2022
5 R. Oxman, R. Oxman2014
6 G. Paskb1969
8 V. Udoewa 2023
9 E. Brandt, E. Sanders 2013
10 N. Leach 2021
11 J. Pallasmaa, The Eyes of the Skin, 2012

3.4 NUOVO RUOLO DEL PROGETTISTA

La figura del progettista si configura storicamente come uno spazio di tensione tra autorità tecnica e culturale e responsabilità sociale e politica. Nel corso del Novecento, questa tensione ha trovato espressione in una rappresentazione dell'architetto come interprete autorevole dei bisogni collettivi. Nel contesto contemporaneo, la progettazione si colloca invece all'interno di dinamiche che attraversano e ampliano l'ambito disciplinare, intrecciando innovazione tecnologica, assetti di governance multilivello e forme di partecipazione attiva delle comunità[1].

Donald Schön ha definito il progettista come un reflective practitioner, un professionista riflessivo che costruisce conoscenza interagendo con la situazione piuttosto che applicando semplicemente regole prestabilite[2]. Questo approccio rimane di grande attualità: la progettazione non è mai un atto puramente tecnico, ma un dialogo continuo con vincoli, contesti e attori. Bryan Lawson, in How Designers Think, sottolinea come il design sia un processo di esplorazione cognitiva e decisionale, basato su problemi mal definiti e su strategie iterative[3]. Tali riflessioni descrivono un mestiere fluido, che non si lascia ridurre a procedure lineari.

La trasformazione recente aggiunge nuove complessità. La digitalizzazione, il Building Information Modeling (BIM), i gemelli digitali e l'intelligenza artificiale generativa introducono strumenti potenti, in grado di ampliare le possibilità di simulazione, analisi e previsione[4]. Secondo Carlo Ratti, la tecnologia non è mai neutra: non basta accumulare dati, occorre trasformarli in dibattito civile e in occasione di confronto critico[5]. Qui emerge una prima responsabilità del progettista contemporaneo: non soltanto gestire strumenti digitali, ma selezionare, interpretare e restituire informa-

zioni in forma comprensibile e utile alla collettività.
L'architetto assume progressivamente il ruolo di knowledge worker, chiamato a mediare tra domini eterogenei quali competenze tecniche, linguaggi amministrativi, sensibilità sociali e immaginazione progettuale[6]. In questo assetto, l'attività progettuale si orienta verso l'orchestrazione di processi complessi che coinvolgono attori portatori di aspettative differenziate. In questa direzione, Giancarlo De Carlo aveva anticipato una trasformazione profonda del ruolo dell'architettura, affermando che «*l'architettura appartiene a chi la vive più che a chi la disegna*»[7]. Il progettista si configura così come facilitatore, interprete e mediatore culturale all'interno di processi decisionali distribuiti.

Ma la mediazione non si esaurisce nell'ascolto. Essa implica una capacità critica: decidere quali istanze includere, quali vincoli negoziare, quali compromessi accettare.
La partecipazione autentica non si misura dal numero di incontri o dalla quantità di dati raccolti, ma dalla reale capacità delle comunità di appropriarsi dei processi e degli spazi[8].
Il progettista diventa garante di questa qualità, evitando che la partecipazione degeneri in mero rituale consultivo.
Sul piano etico, questa responsabilità si lega alla questione della giustizia spaziale. Architetti come Lucien Kroll o Yona Friedman hanno sottolineato la necessità di redistribuire il potere decisionale, immaginando il progetto come un processo collettivo[9]. Nel contesto digitale, questa esigenza si rinnova: le piattaforme collaborative e i gemelli digitali possono amplificare le voci dei cittadini, ma anche marginalizzare chi non ha accesso o competenze. Il progettista è dunque chiamato a vigilare su tali squilibri, garantendo che la tecnologia non diventi strumento di esclusione ma di inclusione.

L'etica professionale, in questa prospettiva, non può essere separata dalla dimensione politica. Il lavoro del progettista è intrinsecamente legato alla costruzione della cooperazione e alla capacità di tenere insieme differenze[10]. Non è solo questione di forma o funzione, ma di senso: attribuire significato condiviso agli spazi, trasformare conflitti in opportunità di dialogo, immaginare futuri possibili.

Sul piano tecnico, la trasformazione del ruolo del progettista si manifesta in modo altrettanto rilevante. L'introduzione del BIM nel contesto italiano, con l'obbligatorietà per gli appalti pubblici sopra determinate soglie[11], ha contribuito a ridefinire le pratiche progettuali, orientandole verso la gestione di modelli informativi complessi. In questa prospettiva, il potenziale di tali strumenti risiede nella possibilità di costruire piattaforme condivise di conoscenza, capaci di supportare processi decisionali articolati. Arturo Tedeschi mostra come il parametric design possa aprire spazi di esplorazione collettiva, nei quali le variabili includono dimensioni geometriche, sociali e ambientali[12]. In questo assetto, il ruolo del progettista consiste nel rendere operativa e comprensibile la complessità algoritmica, traducendola in possibilità progettuali accessibili e negoziabili.
Un aspetto decisivo riguarda il rapporto con l'intelligenza artificiale generativa. Stanislas Chaillou evidenzia il passaggio dell'IA da strumenti di analisi a sistemi generativi capaci di elaborare alternative progettuali a partire da vincoli e dati storici[13]. Il ruolo del progettista evolve verso una funzione di curatela degli scenari progettuali, orientata alla selezione, alla valutazione e all'indirizzamento delle possibilità generate. La responsabilità progettuale si intensifica, richiedendo la capacità di operare scelte consapevoli, orientare le decisioni e assumere le conseguenze che ne derivano.
La temporalità del progetto costituisce una dimensione decisiva dell'architettura. Richard Ingersoll sottolinea come

l'architettura si inscriva in un tempo lungo, nel quale le trasformazioni urbane si sviluppano oltre i cicli politici ed economici[14]. In questo orizzonte, il progettista opera nel raccordo tra urgenze contingenti e visioni durature, mantenendo uno spazio di riflessione capace di sostenere la qualità delle decisioni. La digitalizzazione contribuisce a ottimizzare tempi e costi quando amplia i margini di libertà progettuale, consentendo al progettista di dedicare tempo all'interpretazione, alla valutazione e alla costruzione di senso.

La città contemporanea, intrecciata di strati fisici e digitali, rende questo compito ancora più complesso. Keiichi Matsuda parla di hyper-reality per descrivere la fusione tra spazio materiale e layer digitali[15]. In questo contesto, il progettista deve muoversi tra architettura e interfaccia, tra costruzione e narrazione. Non si tratta più di disegnare soltanto muri e piazze, ma di immaginare ecosistemi ibridi, in cui cittadini e tecnologie co-producono lo spazio vissuto. Tutto ciò ridisegna profondamente la professionalità. Il progettista contemporaneo non è né un semplice tecnico né un puro visionario. È un attore plurale, capace di tenere insieme dati e valori, algoritmi e memorie, efficienza e senso. Come affermava Walter Gropius, l'architettura è sempre «totale», perché intreccia arte, tecnica e società[16]. Oggi questa totalità assume nuove forme, digitali e partecipative, che richiedono una figura capace di reggere il peso di scelte complesse.

In definitiva, il ruolo del progettista non può essere compreso se non come pratica critica. Non basta padroneggiare strumenti: occorre saper interpretare, tradurre, decidere. L'architetto diventa così garante della dimensione pubblica del progetto, custode della sua apertura e della sua capacità di produrre significato collettivo. Come ricorda De Carlo, il progetto è un processo aperto, che appartiene a chi lo vive: il compito del progettista è preservare questa apertu-

ra, evitando che la digitalizzazione o le logiche di mercato la soffochino.

Questa trasformazione, con tutte le sue ambivalenze, apre inevitabilmente la strada al bisogno di un nuovo modello progettuale. Non si tratta solo di aggiornare strumenti o metodologie, ma di ridefinire la postura stessa del progettista: da autore a curatore, da demiurgo a facilitatore, da tecnico a mediatore. Il capitolo successivo affronterà proprio questa sfida, interrogandosi su come immaginare un modello capace di integrare etica, tecnica e partecipazione in un orizzonte condiviso.

1 Venturi, R. (2002)
2 Schön, D. A. (1983)
3 Lawson, B. (2005)
4 Dakam, M. (2020)
5 Ratti, C., & Claudel, M. (2016)
6 Drucker, P. (1999)
7 De Carlo, G. (1972)
8 Sanoff, H. (2000)
9 Friedman, Y. (1975)
10 Sennett, R. (2012
11 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2017). DM 560/2017.
12 Tedeschi, A. (2014
13 Chaillou, S. (2022)
14 Ingersoll, R. (2006)
15 Matsuda, K. (2016)
16 Gropius, W. (1961)

3.5 VARIABILE TEMPO NEL PROGETTO

Il progetto architettonico si struttura nel tempo, assumendo la temporalità come dimensione interna del proprio processo formativo. Nel dibattito architettonico, questa dimensione è stata spesso trattata come variabile esterna, mentre il tempo attraversa in modo profondo le fasi di ideazione, elaborazione e definizione del progetto.
In questo capitolo, l'attenzione si concentra sul tempo progettuale, inteso come la durata che accompagna e struttura il processo di costruzione del progetto architettonico. Si tratta del tempo che sostiene il pensiero progettuale, ne modula i ritmi, ne orienta le decisioni e incide sulla qualità degli esiti. In questa prospettiva, il progetto prende forma attraverso un intreccio di riflessione, valutazione e scelta, che si sviluppa lungo una temporalità propria del processo creativo. Il tempo emerge così come componente costitutiva del pensare architettonico: una dimensione che plasma l'atto progettuale, ne orienta la profondità e influisce sul modo in cui si immagina, si decide e si costruisce. Come osserva Paul Ricoeur, il tempo non costituisce un semplice sfondo dell'azione, ma una struttura che ne condiziona il senso e l'articolazione [1] .

La distinzione tra diverse qualità temporali attraversa da secoli la filosofia e l'antropologia, ma solo recentemente è stata riletta in modo fertile all'interno del dibattito progettuale. Già nel pensiero ellenico si identificavano almeno tre modalità di vivere e intendere il tempo: Chronos, il tempo lineare, continuo, misurabile, che organizza la sequenza degli eventi secondo una logica quantitativa; Kairos, il tempo dell'occasione e dell'intuizione, che emerge nel corso del processo progettuale e non può essere anticipato né pianificato, ma solo riconosciuto nel momento in cui si manifesta; e Aión, un tempo profondo e circolare, che non si consuma ma per-

mane - il tempo del mito, della memoria e dei cicli vitali.
Queste categorie, apparentemente lontane dal mondo operativo del progetto, risultano centrali per comprenderne l'impianto concettuale. Non a caso, autori come Paul Ricoeur, Gaston Bachelard e Hartmut Rosa ne hanno offerto una lettura che attraversa il pensiero contemporaneo, fornendo strumenti interpretativi decisivi per ripensare la relazione tra tempo e progettazione.
Ricoeur, in Temps et Récit (1983), riflette sul legame tra il tempo e il racconto: distingue tra un tempo oggettivo, cosmico, e un tempo vissuto, narrativo, che dà forma all'esperienza. Il tempo del progetto, in questa prospettiva, non si riduce a una sequenza cronologica, ma si costituisce come una trama, un intreccio di decisioni e possibilità, dove ogni fase acquisisce senso solo nella relazione con il tutto.
Bachelard, con uno sguardo poetico e radicale, mette in discussione l'idea di un tempo continuo, affermando invece una temporalità fatta di "istanti verticali": momenti intensi e qualitativi, che interrompono la linearità e generano trasformazione[2]. È esattamente in questi istanti che possiamo riconoscere il Kairos progettuale: quel tempo che permette all'idea di emergere, allo sguardo di cambiare direzione, alla forma di prendere coscienza di sé. Rosa, nella sua critica all'accelerazione moderna, mostra come la nostra epoca sia dominata da un Chronos ipertrofico, in cui il tempo è costantemente compresso e monetizzato. In questo scenario, la progettazione rischia di perdere la propria profondità, riducendosi a esecuzione rapida e continua. Kairos, al contrario, diventa lo spazio della risonanza: un tempo in cui il soggetto entra in relazione con ciò che fa, e in cui il progetto ritrova la sua dimensione autenticamente riflessiva[3].
Queste letture ci restituiscono un tempo plurale, stratificato, mai neutro. Un tempo che non si limita a contenere il progetto, ma lo costituisce. Per questo motivo, occorre smettere di pensare il tempo come una risorsa da ottimiz-

zare e iniziare a concepirlo come una materia del progetto stesso, da modellare, proteggere, progettare.

Nel quadro architettonico contemporaneo, la tensione tra Chronos e Kairos appare centrale per comprendere le dinamiche del processo progettuale. Chronos è il tempo della pianificazione, delle scadenze, dei cronoprogrammi: tempo "oggettivo", dominato da standard, normative, flussi digitali e logiche produttive. È il tempo che permette di organizzare, ma spesso impone una compressione artificiale delle fasi progettuali, generando ansia, superficialità, standardizzazione[4]. Al contrario, Kairos è il tempo della sospensione, del dubbio, dell'intuizione. È il tempo non pianificabile, ma necessario per accedere a profondità di senso, qualità e visione[5].

Chronos si configura come un tempo sequenziale e quantificabile, legato alla dimensione produttiva e al controllo operativo, mentre Kairos si manifesta come un'apertura inattesa nel flusso del tempo, una soglia in cui l'azione si radica nell'intuizione e nella consapevolezza[6] . In architettura, ciò implica distinguere tra le fasi che possono essere organizzate in modo efficiente e quelle che richiedono un tempo vissuto, riflessivo, creativo - che non si lascia standardizzare. Come evidenzia Donald Schön, la progettazione non procede per sequenze lineari, ma si struttura come una pratica riflessiva, fatta di azione e ripensamento, di incertezze e scoperta: è proprio in questi intervalli che si manifesta il Kairos progettuale[7]. Allo stesso modo, Bryan Lawson mostra come l'atto ideativo emerga spesso da fasi di apparente inattività, intuizione o riformulazione[8]. È importante sottolineare che

1 Ricoeur (1983)
2 Bachelard (1938)
3 Rosa (2015)
4 (Rosa (2015)
5 Bachelard(1938)
6 Campillo(2020)
7 Schön(1983)
8 Bryan Lawson (2005)

Chronos e Kairos non sono categorie in opposizione etica, rappresentano semplicemente "efficienza" contro "creatività". Entrambi sono necessari: Chronos garantisce struttura e controllo, ma è Kairos a generare significato. Il vero nodo è il loro equilibrio. Quando il tempo cronologico domina l'intero processo progettuale, il rischio è la perdita del tempo interpretativo, dell'incubazione, dell'inaspettato.
Infine, Aión, il tempo eterno e ciclico, si rivela oggi particolarmente significativo nel campo della rigenerazione urbana, dell'architettura del paesaggio, e delle progettazioni sensibili ai ritmi ecologici. Pensare in termini di Aión significa concepire il progetto non solo come risposta istantanea, ma come iscrizione in una continuità storica, ambientale e culturale.
Nel contesto attuale, accelerato e iper-programmato, riconoscere, progettare e proteggere il Kairos non è un lusso teorico, ma una condizione epistemica e culturale essenziale per restituire all'architettura il tempo che le serve per essere profonda, significativa, viva.

Nel tempo dell'urgenza permanente, che Hartmut Rosa definisce "accelerazione sociale" [9], il progettista opera in una condizione in cui il tempo qualitativo si assottiglia fino quasi a scomparire. L'azione progettuale si riduce a una sequenza di adempimenti da processare: riunioni, verifiche, rispetto delle normative, documentazione esecutiva. In questo contesto, il Kairos, inteso come tempo opportuno per la riflessione, la scoperta e la decisione creativa, rischia di diventare un lusso, una condizione eccezionale anziché strutturale.
La progettazione è una pratica riflessiva che si fonda sull'interazione costante tra pensiero e azione in condizioni di incertezza[10]. L'architetto, deve essere in grado di "dialogare con la situazione", accettando pause, deviazioni e riformulazioni.
Questa capacità, ha bisogno di tempo qualitativo, non ri-

gidamente vincolato. La fase ideativa si sviluppa attraverso dinamiche non lineari e richiede una sospensione dell'efficienza operativa per favorire l'emergere dell'intuizione. Le idee prendono forma all'interno di una dilatazione temporale che consente connessioni inattese, analogie e processi inventivi, alimentando la qualità del pensiero progettuale11.
Nella prassi progettuale contemporanea, questi spazi risultano progressivamente compressi. Le analisi di Richard e Daniel Susskind sulla trasformazione delle professioni[12] mostrano come una parte significativa del lavoro professionale sia oggi assorbita da attività operative, gestionali, documentali e comunicative, mentre le componenti propriamente strategiche e giudicanti tendono a occupare una porzione più limitata del processo. In questo scenario, il progettista si trova a dover difendere il proprio tempo "kairologico", ossia quello spazio qualitativo necessario non soltanto alla creatività, ma alla costruzione consapevole del giudizio progettuale e alla qualità complessiva dell'opera.
Come si può progettare con profondità se il tempo per pensare è costantemente minacciato? Come si può concepire uno spazio che abbia significato, se l'atto stesso di attribuire senso viene sacrificato?

La conoscenza non è mai istantanea, ma si costruisce in un ecosistema cognitivo fatto di ritmi, pause e scambi[13] . Ogni processo progettuale è quindi anche una costruzione temporale: non solo accade nel tempo, ma è fatto di tempo.
Per comprendere la portata della trasformazione che il tempo ha subito nella progettazione architettonica, occorre ripercorrere la sua evoluzione storica, non soltanto come successione stilistica, ma come cambiamento profondo del rapporto tra ideazione, costruzione e temporalità. In ogni epoca, il concetto di progetto ha implicato una diversa concezione del tempo: a volte simbolico, altre cosmologico, lineare o funzionale.

Nelle culture vernacolari premoderne, la progettazione non era un'azione separata, ma immersa nei ritmi ciclici della natura e nei saperi tramandati oralmente[14] . Il tempo era collettivo, non misurabile, integrato nel fare. L'architettura emergeva come sedimentazione esperienziale, in un tempo senza autore e senza progetto inteso in senso moderno. Il progetto non precedeva l'opera, ma vi coincideva: era un processo di aggiunta, ripetizione, adattamento. In questo contesto, il tempo progettuale era fondato sull'occasione, sull'intuizione, sull'opportunità colta nel presente[15] .
Nell'architettura greca classica, il progetto rifletteva un tempo cosmologico e metafisico. Le proporzioni del tempio, l'armonia tra pieni e vuoti, l'orientamento dei volumi erano intesi come riflesso del cosmos, un ordine eterno e immutabile[16]. Il progetto era un atto rituale, non creativo in senso moderno, ma rivelativo di un equilibrio superiore. Il tempo architettonico era dominato da Aión: un tempo fuori dalla misura, ciclico e contemplativo.
L'architettura romana introduce una nuova logica temporale. Pur mantenendo l'ideale proporzionale vitruviano, il cantiere romano si fonda su una razionalizzazione operativa: il tempo progettuale assume una struttura organizzativa, legata al controllo delle infrastrutture e dei cantieri [17].

Nel Medioevo, la progettazione si sviluppa in relazione a una concezione simbolica e verticale del tempo. Le grandi cattedrali gotiche venivano costruite nell'arco di generazioni: l'opera non apparteneva all'architetto, ma alla comunità, e il tempo della costruzione era percepito come testimonianza di una continuità spirituale[18]. Il disegno era spesso schematico, aperto all'adattamento. Il progetto era un'ipotesi, non una prescrizione: una fede nel futuro più che una pianificazione. Il tempo progettuale, in questo caso, può essere letto in chiave collettiva e mistica[19].

Con il Rinascimento, il progetto viene formalizzato come disegno a priori: nasce la distinzione tra ideazione e costruzione, tra autore e artefice. Leon Battista Alberti definisce con chiarezza questa separazione nel De Re Aedificatoria, affermando che "l'opera non sta nei muri, ma nel disegno"[20]. Il progetto diventa un atto intellettuale, che precede e guida l'azione. Il tempo progettuale si emancipa dalla durata del cantiere e assume una forma anticipatoria, fondata sulla previsione e sul controllo.

Nei cantieri del primo Rinascimento questa distinzione restava porosa, il disegno era uno strumento di negoziazione, aperto a varianti e interpretazioni[21]. È in questo contesto che si colloca l'opera di Andrea Palladio, figura centrale per comprendere l'evoluzione del tempo progettuale. Nei Quattro Libri dell'Architettura, Palladio propone modelli tipologici replicabili ma adattabili, fondati su una grammatica di elementi classici riorganizzati secondo logiche armoniche[22]

Nel progetto palladiano, il tempo si costruisce come equilibrio tra principi compositivi di carattere generale e risposte calibrate alle condizioni specifiche dell'opera. Le ville venete mostrano una tensione costante tra idealità e contesto, tra serialità e unicità, in cui la ripetizione delle regole non annulla la singolarità di ciascun progetto[23]. Il tempo progettuale assume così una dimensione musicale e proporzionale, mantenendo al contempo un margine di apertura all'occasione. Si configura in questo senso una forma di qualità progettuale, che si conserva all'interno di un sistema regolato, senza essere sacrificata alla standardizzazione[24].

---

9 Rosa (2015)
10 Schön (1983)
11 Lawson (2005)
12 Susskind e Susskind (2022)
13 Bateson (2000)
14 Saggio (2001)
15 Rudokas (2023)
16 Campillo (2020)
17 Vitruvio, De Architectura, I, I; Wittkower (1952)
18 Frommel (2009)
19 Giedion (1941)

Nel pensiero razionalista moderno, questa tensione tra tempo della costruzione e tempo dell'idea si risolve a favore della sequenzialità funzionale. Rudolf Wittkower, nel suo studio sull'architettura umanistica, mostra come l'eredità rinascimentale conduca verso un'idea di progetto come sistema deduttivo, dove ogni parte è subordinata a un ordine prestabilito [25]. Il tempo progettuale si articola in fasi: analisi, disegno, verifica, realizzazione.

Con il Movimento Moderno, questa logica viene portata all'estremo. Sigfried Giedion celebra la fusione tra spazio, tempo e tecnica come nuova espressione dell'epoca industriale[26]. L'architettura diventa dispositivo: la casa è "una macchina per abitare", come afferma Le Corbusier[27] . Il progetto si struttura secondo sequenze produttive, standardizzabili e ripetibili. Walter Gropius, fondatore del Bauhaus, promuove un tempo progettuale sincronizzato con i ritmi della fabbrica e della produzione seriale[28] . L'efficienza temporale diventa un valore in sé.

In questa cornice, Mies van der Rohe sintetizza la progettazione come gesto di riduzione assoluta: "less is more" diventa anche un'etica del tempo. Meno variazioni, meno deviazioni, meno tempo per l'incertezza[29]. Ma non tutti i maestri del Modernismo aderiscono a questa linearità. Frank Lloyd Wright elabora una visione organica della progettazione, nella quale il tempo del progetto si costruisce in continuità

20 Alberti (1452)
21 Frommel (2009)
22 Palladio (1570)
23 Frommel (2009)
24 Wittkower (1952)
25 Wittkower (1952)
26 Giedion (1941)
27 Le Corbusier (1923)
28 Gropius (1965)
29 Mies van der Rohe (1930)

con il luogo, la natura e la durata dei processi ambientali. Nelle case-paesaggio, come Fallingwater, il progetto prende forma attraverso una sintonia progressiva con il contesto, più che attraverso una sintesi funzionale predeterminata. Il tempo progettuale si manifesta così come capacità di riconoscere e assecondare le condizioni ambientali, lasciando che la forma emerga per risonanza con il sito e con i suoi ritmi[30].

Contro la razionalizzazione dominante, Bruno Zevi, denuncia la perdita della dimensione temporale vissuta dell'architettura. Zevi sottolinea come l'esperienza spaziale sia per natura dinamica, e come il progetto debba farsi carico di questa temporalità percettiva[31] . Ma è solo con il pensiero postmoderno che il tempo rientra come elemento strutturale nel discorso progettuale. Bernard Tschumi, con i suoi Manhattan Transcripts, introduce l'idea di architettura come narrazione, come coreografia di eventi. L'edificio non è un oggetto stabile, ma un dispositivo per l'uso: una sequenza di possibilità[32].
Juhani Pallasmaa rafforza questa lettura, sostenendo che ogni spazio è vissuto attraverso il corpo, e che ogni corpo ha un suo ritmo. Il tempo della percezione è il vero tempo del progetto: "la vera architettura si misura non in metri, ma in secondi, in durate, in lentezze e in silenzi"[33].

La contemporaneità ha prodotto una nuova tensione nel rapporto tra progetto e tempo, generata dall'intensificazione dei flussi digitali, dalla crescente frammentazione delle competenze e dall'introduzione di strumenti automatizzati che, pur nella loro efficienza operativa, hanno profondamente modificato la temporalità della progettazione. Si è passati da una linearità funzionalista a una simultaneità dispersiva. Il progettista non è più solo autore, ma coordinatore di modelli, dati, interfacce, utenti, stakeholder. L'introduzione di

ambienti collaborativi digitali, come il Building Information Modeling (BIM), pur promettendo coerenza e integrazione, ha paradossalmente aumentato il carico cognitivo, generando quella che Hartmut Rosa definisce "compressione temporale delle aspettative"[34] : tutto deve essere fatto prima, meglio e con meno risorse.

Zygmunt Bauman descrive questa condizione come "modernità liquida", in cui ogni forma tende a disfarsi, e ogni progettualità rischia di perdere la propria continuità35 . Il tempo diventa frammentato, asincrono, costantemente interrotto. Il lavoro progettuale si disgrega in micro-compiti che si succedono senza un ritmo coerente. In questa frammentazione, il Kairos viene sacrificato in compenso del Chronos.

La gestione del tempo progettuale avviene oggi in un ambiente operativo caratterizzato da interazioni digitali sincrone, piattaforme collaborative e revisioni continue, elementi che modificano la struttura temporale del processo decisionale. La progettazione può essere intesa anche come organizzazione consapevole dei tempi del progetto. La cognizione può essere descritta come sistema dinamico articolato in cicli, feedback e apprendimenti differiti[36]. Progettare implica la costruzione progressiva del quadro decisionale nel tempo, attraverso processi iterativi di valutazione e riformulazione. Se il progetto costituisce una forma di conoscenza incorporata nell'azione, esso richiede una temporalità adeguata allo sviluppo del giudizio e alla maturazione delle scelte.

---

29 Mies van der Rohe (1930)
30 Wright (1954)
31 Zevi (1948)
32 Tschumi (1987)
33 Pallasmaa (2012)
34 Rosa (2015)
35 Bauman (2000)
36 Bateson (2000)

In molte culture architettoniche non occidentali, il tempo non viene concepito come sequenza lineare da ottimizzare, ma come una dimensione qualitativa, densa di relazioni, pause e risonanze. In Giappone, ad esempio, la cultura del progetto è profondamente influenzata da concezioni temporali come ma, il vuoto tra due eventi che crea significato; maai, la distanza dinamica tra soggetti in movimento; iki, l'equilibrio sottile tra forma e percezione; e mujō, l'impermanenza come struttura della realtà. In queste visioni, il tempo progettuale non è una tabella da rispettare, ma uno spazio di possibilità che si costruisce nell'attesa, nel ritmo, nel non-detto. Il progetto non si impone, ma si lascia emergere nel rispetto del tempo opportuno.

Questo approccio è coerente con molte architetture vernacolari e filosofie orientali, in cui il progetto si evolve nel tempo, si integra ai ritmi della natura e della collettività, e assume la forma di un gesto lento e condiviso[37]. La filosofia dell'Ikigai, in particolare, suggerisce una visione del tempo come realizzazione interiore, e non solo come funzione esterna L'Ikigai non identifica la felicità con la velocità o con l'efficienza, ma con la consonanza tra ciò che si fa e ciò che si è38 . In questa direzione, Héctor García e Francesc Miralles evidenziano come l'Ikigai sia legato a una percezione del tempo scandita da ritualità, lentezza, attenzione e coerenza interiore: non è un obiettivo da raggiungere, ma una modalità dell'essere che attraversa ogni gesto quotidiano[39] . Applicato al progetto, questo significa riscoprire un tempo non misurabile in ore lavorate, ma in intensità vissuta, in significati coltivati, in attenzione piena al processo. È proprio in questa visione non lineare, ciclica e relazionale del tempo che risiede una delle più fertili lezioni per la progettazione contemporanea: se il progetto deve tornare a essere un atto di senso, esso ha bisogno di tempi che non si impongono, ma che si abitano.

Il progettista che lavora secondo Ikigai non si limita a produrre forme, ma genera senso; non esaurisce il tempo, ma lo abita.

È qui che entra in gioco il concetto di tempo kairologico come tempo progettuale qualitativo: non un tempo lento, ma un tempo significativo. Un tempo "di valore", in cui la densità dell'intuizione conta più della durata. Oggi può essere difeso proprio attraverso gli strumenti che sembravano minacciarlo: le tecnologie generative, l'intelligenza artificiale, la delega algoritmica di compiti ripetitivi.

La diffusione delle tecnologie generative - dalle logiche parametriche alle reti neurali profonde - ha riaperto il dibattito sul ruolo del progettista e, più radicalmente, sul tempo stesso del progetto. Mentre il progetto moderno era ancora basato su regole esplicite (proporzioni, funzioni, prestazioni), la progettazione algoritmica contemporanea - e in particolare quella basata su machine learning - introduce sistemi impliciti, capaci di apprendere stili, pattern e combinazioni senza che l'uomo le debba descrivere una per una[40].
Secondo Stanislas Chaillou, l'utilizzo dei GANs (Generative Adversarial Networks) nella progettazione di layout residenziali consente una produzione morfologica istantanea, aperta, varia e, soprattutto, gestibile in tempi ridotti rispetto alla modellazione tradizionale[41]. Il progettista non è escluso: al contrario, il suo ruolo si sposta dalla produzione alla selezione critica, dal disegno alla realizzazione. Come nota Chaillou, l'AI non elimina l'autore, ma lo trasforma in un "direttore d'orchestra del possibile"[42].

37 Kurokawa (1977)
38 Mogi(2017)
39 García e Miralles (2017)
40 Leach (2022)
41 Chaillou (2019)
42 Chaillou (2019)

Neil Leach, nel suo saggio Architecture in the Age of Artificial Intelligence, ribadisce che l'AI può diventare una vera e propria "amplificazione progettuale", capace di restituire tempo qualitativo al progettista umano[43] . In questa prospettiva, la tecnologia non è una minaccia per il Kairos, ma un alleato. Automatizzando le operazioni ripetitive e ad alta intensità computazionale, l'architetto può dedicare più risorse cognitive alle fasi interpretative, strategiche, ideative.

Questo cambiamento si innesta su un'idea di progetto come costruzione di senso, non solo di forma. Come osserva Neri Oxman, il progettista contemporaneo si muove all'interno di ecosistemi complessi, in cui l'AI diventa un "co-autore silenzioso" che esplora, suggerisce, e moltiplica gli scenari possibili[44] . La sfida, allora, non è tanto controllare la macchina, ma costruire ambienti di collaborazione in cui l'umano possa presidiare i nodi critici del processo.

In questa direzione si muove anche la nozione di greyboxing elaborata da Chaillou: un approccio in cui non si tenta di comprendere ogni dettaglio del funzionamento interno dell'AI, ma si lavora su input, vincoli e output in modo interattivo[45]. Il progettista gestisce il tempo del progetto non più come sequenza chiusa, ma come campo di variazione continua. Nel momento in cui la macchina solleva l'uomo dal peso del Chronos, rende possibile l'emersione del pensiero critico e della visione.
L'intelligenza artificiale, quindi, se ben orchestrata, consente di redistribuire il tempo progettuale: da una struttura centrata sull'esecuzione a una fondata sulla interpretazione. E proprio questa possibilità - quella di restituire tempo al pensiero - è forse oggi il compito più urgente e culturale dell'innovazione tecnologica nel campo del progetto[46] .

Ripensare il tempo progettuale implica anche ripensare il

progetto come sistema. Il progetto non è una sequenza di azioni lineari, ma una rete di relazioni, dipendenze, retroazioni. In questo senso, il tempo non agisce solo come contenitore: definisce ciò che può emergere, ciò che può interferire, ciò che può trasformarsi. Il progetto si sviluppa in un campo di complessità che richiede pause, latenza, ascolto, errori[47]. Solo un tempo non lineare consente al sistema progetto di autoriorganizzarsi, di generare alternative, di apprendere. Il pensiero sistemico, per sua natura, ha bisogno di un tempo progettuale che non sia solo funzionale, ma interpretativo.

Se il tempo è costitutivo del progetto, allora è anche responsabilità etica e politica dell'architetto imparare a modellarlo, dilatarlo, proteggerlo.
L'essere umano è un ente "progettato nel tempo", e la progettazione è un modo di essere nel mondo che anticipa possibilità[48] . Progettare non è semplicemente produrre spazi, ma abitare il tempo dell'attesa, dell'incertezza, della tensione verso ciò che non è ancora. È in questo spazio-tempo sospeso che si genera l'autenticità del pensiero progettuale.

In una prospettiva diversa ma complementare, Gaston Bachelard ricorda che "il tempo non è una linea continua, ma un insieme di istanti intensi", e che l'immaginazione architettonica nasce proprio dalla capacità di abitare questi "intervalli poetici"[49] . Ogni progetto è fatto non solo di geometrie e funzioni, ma anche di durate, esitazioni, affioramenti. Recuperare questa dimensione significa restituire all'architettura il suo statuto culturale e simbolico.
Infine, Bruno Latour invita a pensare il progetto non come un'azione autonoma, ma come un processo distribuito, in cui umano e non umano - persone, dati, algoritmi, materiali - cooperano nel tempo[50]. In questo scenario, il tempo non è solo una variabile da gestire, ma una trama da interpre-

tare: una rete di decisioni che si costruiscono nel divenire, nell'interazione, nell'apertura all'imprevisto.

In questa visione, la sfida non è solo tecnologica, ma culturale. È necessario che l'architettura recuperi il coraggio di abitare l'incertezza, di rallentare quando serve, di creare spazi mentali oltre che fisici. In un'epoca che accelera tutto, scegliere di rallentare per pensare è un atto radicale.
E, forse, il più necessario[51].

43 Leach (2022)
44 Oxman (2010)
45 Chaillou (2019)
46 Leach (2022)
47 Nelson & Stolterman (2012)
48 Heidegger (1927)
49 Bachelard (1938)
50 Latour (2005)
51 Rosa (2015)

3.5.1 TEMPO KAIROLOGICO NELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA: ESPERIENZE E METODI A CONFRONTO

L'obiettivo di questo capitolo è indagare il concetto di kairos nella progettazione architettonica attraverso una selezione di casi studio eterogenei per cultura, metodo e periodo storico. Il tempo kairologico viene inteso qui come tempo qualitativo vissuto durante la fase ideativa, e viene analizzato non come elemento esterno al progetto, ma come parte integrante della sua formazione. A differenza del tempo cronologico, che si limita a misurare la durata, il kairos riguarda l'intensità e la significatività del processo: è il tempo opportuno, quello in cui una decisione progettuale matura, si rivela e assume una forma necessaria[1]. Il presupposto teorico di partenza è che non esista una sola forma di tempo di qualità, ma che ogni architetto costruisca il proprio kairos in base alla postura operativa, al contesto culturale, al metodo e alla relazione con la materia.

In questa prospettiva, il progetto si configura come processo temporale strutturato, all'interno del quale le decisioni si sviluppano attraverso fasi di elaborazione, sospensione e maturazione. Il tempo interviene come componente attiva nella configurazione del progetto, incidendo sulla definizione delle scelte e sull'articolazione del giudizio. La distinzione tra tempo misurato e tempo vissuto consente di interpretare il progetto come esperienza temporale che struttura il pensiero progettuale nel suo sviluppo progressivo [2].

Il progetto si realizza attraverso condizioni di maturazione che rendono possibile l'assunzione consapevole delle decisioni[3]. L'analisi comparativa dei dieci casi evidenzia come il tempo qualitativo (kairos) assuma configurazioni differenziate in relazione alle priorità che ciascun autore attribuisce al processo progettuale. Il tempo di qualità si concentra selettivamente su specifiche dimensioni del progetto, diventando tempo di approfondimento mirato.

In alcuni casi esso è investito nella trasformazione materica e nel controllo del dettaglio; in altri nella costruzione condivisa del sapere; in altri ancora nella maturazione progressiva della decisione, nella costruzione percettiva dell'atmosfera o nell'esplorazione parametrica delle alternative.Il kairos si configura così come variabile strutturante che orienta l'intensità e la direzione dell'approfondimento progettuale, definendo la "firma temporale" di ciascun processo.

Ogni architetto sviluppa così una propria firma temporale, che plasma il progetto nella lentezza, nell'intuizione, nell'iterazione, nel controllo o nell'ascolto[4]. In tutti i casi, il tempo non è una risorsa da ottimizzare, ma uno strumento operativo che qualifica ogni scelta progettuale[5]. Ciò che accomuna tutti questi progetti è la consapevolezza che la qualità non nasce da una velocità o da un'efficienza, ma dalla maturazione profonda che il progetto attraversa nel tempo. "Ogni processo ha il suo tempo, e ogni tempo la sua densità" [6].

1 Agamben, G. (2000)
2 Ricoeur, P. (1983)
3 Su questo punto, cfr. Agamben (2000), che interpreta il kairos come interruzione proficua del flusso lineare, in cui accade l'evento.
4 Allen, S. (1999)
5 Evans, R. (1995)
6 Rovelli, C. (2017)
7 Rovelli propone una lettura non-uniforme del tempo, dove ogni sistema fisico possiede una temporalità propria, che può essere metaforicamente applicata anche al processo progettuale (Rovelli, 2017, p. 31).

BERNARD TSCHUMI, PARC DE LA VILLETTE

Nel quadro teorico delineato finora, la riflessione sul tempo progettuale come tempo qualitativo trova una delle sue espressioni più dense e paradigmatiche nel lavoro di Bernard Tschumi per il Parc de la Villette, a Parigi. La genesi del progetto, vincitore del concorso internazionale bandito nel 1982, si sviluppa lungo un arco temporale che supera i quindici anni, configurandosi non come una sequenza lineare di fasi operative, ma come una stratificazione teorica, diagrammatica e testuale che incarna pienamente il concetto di tempo kairologico come tempo di emersione, sospensione e costruzione intellettuale[1] .

Tschumi non parte da un'idea funzionale né da una logica compositiva tradizionale, ma da una posizione teorica radicale che interpreta l'architettura come campo di interferenza tra spazio, evento e movimento[2]. Queste tre dimensioni, di natura eterogenea, non vengono mai ordinate secondo una logica deterministica: piuttosto, entrano in collisione reciproca, generando forme di progetto emergenti, nate da ciò che Gaston Bachelard avrebbe definito un "istante verticale", una rottura della continuità, un salto d'intensità che sospende il tempo cronologico per far emergere un significato radicato nell'esperienza[3].

Il Parc de la Villette nasce da una prassi progettuale kairologica che si oppone esplicitamente all'idea di efficienza lineare. Il progetto non è concepito come risposta a un programma, ma come drammaturgia aperta, un montaggio di frammenti, diagrammi, interferenze, sovrapposizioni. È l'architettura come testo, narrazione progettuale, che struttura lo spazio attraverso una grammatica sintattica ispirata al linguaggio cinematografico[4]. In questa direzione, il tempo del progetto viene assunto come dimensione interpretativa del processo, in cui il pensiero si sviluppa mediante operazioni analogiche, salti discontinui e riformulazioni progressive.

La progettazione, in Tschumi, è esplicitamente intesa come atto riflessivo. Non è un caso che il processo sia accompagnato dalla pubblicazione di numerosi testi paralleli (in primis The Manhattan Transcripts), nei quali l'atto progettuale è continuamente ripensato, discusso, disegnato, senza mai giungere a una forma definitiva. Questo modo di fare progetto corrisponde a quella che Donald Schön ha definito una "pratica riflessiva", ovvero una modalità in cui il pensiero si genera attraverso l'azione e viceversa, in un continuo movimento di revisione e ri-significazione[5]. Il tempo kairologico, in questo senso, non è l'alternativa alla progettazione, ma la condizione stessa del suo divenire.

Tschumi insiste sull'idea che "there is no architecture without event"[6], rendendo esplicita la volontà di rompere con la concezione classica dell'architettura come oggetto stabile. L'evento assume la forma di esito di una elaborazione progettuale progressiva, attraverso la quale il progetto attiva situazioni, relazioni e interpretazioni. Il progetto opera come dispositivo generativo capace di predisporre le condizioni per l'emergere dell'evento, mediante una temporalità espansa che struttura le possibilità d'uso. In questa logica, la serie delle folies – padiglioni rossi distribuiti secondo una griglia cartesiana – si configura come matrice latente di attivazione: ciascuna folie agisce come dispositivo aperto, predisposto alla produzione di eventi[7].Questa articolazione progettuale assume una valenza teorica rilevante se interpretata alla luce di una concezione della temporalità come intreccio narrativo, nel quale il senso si costruisce attraverso una disposizione non lineare degli eventi[8]. Il Parc de la Villette si configura, in questo quadro, come sistema narrativo spazializzato, strutturato secondo logiche di dislocazione, sovrapposizione e risonanza, attraverso le quali il progetto prende forma nel tempo e mediante il tempo.

L'elaborazione progettuale di Bernard Tschumi si configura come costruzione di un sistema teorico capace di ridefinire il ruolo dell'architetto all'interno del processo progettuale[9].

In questo quadro, il kairos assume la forma di tempo del pensiero critico, inteso come rallentamento strategico che consente al progetto di acquisire densità concettuale, apertura interpretativa e capacità performativa. L'architettura viene trattata come processo riflessivo che precede e orienta la configurazione formale. Il tempo kairologico del Parc de la Villette si estende oltre la fase iniziale della progettazione, incidendo sull'intero ciclo di vita concettuale dell'opera. Una volta realizzato, il parco continua a operare come campo progettuale aperto, predisposto a riattivazioni, sovrascritture culturali e trasformazioni d'uso. La progettazione assume così una dimensione durativa, che accompagna l'opera nel tempo e ne sostiene la capacità di generare nuovi significati e nuove configurazioni.[1]

---

1 Tschumi sviluppa il progetto del Parc de la Villette come costruzione teorica, fondata sull'in terferenza tra spazio, evento e movimento. La progettazione avviene attraverso un sistema diagrammatico e concettuale, che sostituisce alla composizione classica un campo di possibilità multiple. Cfr. Tschumi, B. (1994). Event-Cities. MIT Press.

2 Il progetto è accompagnato da una produzione testuale parallela che ne documenta e fonda l'intero processo: The Manhattan Transcripts è un'opera autonoma, ma anche parte integrante della progettazione., p.6
Cfr. Tschumi, B. (1987). The Manhattan Transcripts. Academy Editions.

3 Bachelard, G. (1938)

4 Il kairos progettuale in Tschumi si manifesta come riflessione critica espansa: il tempo della progettazione non è uno spazio tra concorso ed esecuzione, ma una lunga fase teorica che dà significato all'intero impianto., p 98
Cfr. Vidler, A. (2008). Histories of the Immediate Present, MIT Press.

5 Schön, D. A. (1983).

6 Tschumi, B. (1987)

7 Tschumi, B. (1994)

8 Ricoeur, P. (1983)

9 Vidler, A. (2008)

10 – La struttura spaziale delle folies e della griglia può essere letta alla luce della grammatica visiva astratta di Kandinsky: punto, linea e superficie si trasformano in dispositivi spaziali capaci di attivare eventi.
Kandinsky, Tschumi e la grammatica astratta della composizione spaziale
In diverse interviste e scritti, Bernard Tschumi riconosce l'influenza del pensie
ro visivo astratto di Wassily Kandinsky, in particolare il saggio Punto, linea, superficie (1926).
La distribuzione delle folies nel parco segue una logica di punti discreti su una griglia cartesiana (linea), attivando una superficie compositiva in grado di produrre senso solo nell' intersezione tra forma e evento.
La lettura di Kandinsky si innesta nella visione di Tschumi secondo cui l'architettura non connette, ma interferisce: il progetto non è una narrazione fluida, bensì un campo dinamico.
Cfr. Kandinsky, W. (1926). Punto, linea, superficie. Milano: Adelphi, ed. it. 1996.



Foto 1.
© Bernard Tschumi, Parc de la Villette, Parigi. Fotografia di Luca Onniboni.
Fonte: archiobjects.org.

CARLO SCARPA. TOMBA BRION

Nel panorama della cultura progettuale del secondo Novecento italiano, Carlo Scarpa costituisce una figura singolare e radicale: il suo lavoro sembra porsi fuori dal tempo cronologico della produzione, fuori dai linguaggi codificati dell'architettura razionalista, e persino fuori da ogni retorica del gesto autoriale. Con Scarpa, il progetto si fa atto riflessivo incarnato, tempo vissuto e intuitivamente trasformato in forma. In questo contesto, la Tomba Brion a San Vito d'Altivole (1969–1978) emerge come una delle opere più compiute e simbolicamente cariche in cui il tempo kairologico della progettazione viene non solo esercitato, ma reso esplicito, persino celebrato.

L'intera vicenda progettuale legata alla Tomba Brion si fonda su una temporalità profonda, non lineare, che si oppone alla logica del progetto definito ex ante, da consegnare e costruire in modo sequenziale. L'elaborazione progettuale di Carlo Scarpa si sviluppa attraverso una gestazione progressiva, composta da schizzi, frammenti, sperimentazioni materiche e modifiche in cantiere. Disegno e costruzione procedono in stretta interazione, configurando un processo nel quale pensiero e azione si integrano continuamente. L'opera prende forma all'interno di una temporalità qualitativa, in cui ogni intervento contribuisce alla definizione progressiva del progetto e alla costruzione del suo assetto finale[1].

Nel lavoro di Carlo Scarpa, il kairos si configura come temporalità di elaborazione progressiva, attraverso la quale la forma prende consistenza nel confronto con materia, luogo e luce. Il progetto si sviluppa come processo di sospensione e verifica, in cui le decisioni maturano attraverso una relazione continua tra pensiero e costruzione[2]. La Tomba Brion si presenta come sistema articolato di episodi progettuali interdipendenti, capaci di costruire una grammatica spaziale stratificata. L'intuizione assume qui la forma di esito sedimentato di un processo riflessivo, nel quale ogni dettaglio - dall'intersezione delle co-

perture al disegno dei canali d'acqua - contribuisce alla definizione progressiva di un assetto spaziale coerente con il significato simbolico dell'opera.

Nel lavoro di Carlo Scarpa, la dimensione temporale si manifesta attraverso ritmi compositivi, articolazioni materiche, giunti e variazioni di scala, che sostituiscono la centralità del simbolo con un controllo progressivo del dettaglio. Il kairos assume la forma di decisione maturata nel tempo, legata alla calibrazione del particolare e alla regolazione dell'intervento nel processo costruttivo. Il progetto si configura così come pratica temporale, articolata in momenti qualitativi che segnano discontinuità rispetto alla mera successione cronologica[3]. La progettazione può essere letta come sequenza di intensificazioni puntuali, nelle quali ogni gesto architettonico introduce una trasformazione significativa all'interno del continuum lineare del tempo.

La centralità della memoria nella Tomba Brion emerge fin dal programma funzionale: il mausoleo privato, commissionato dalla vedova di Giuseppe Brion, fondatore della Brionvega, configura un luogo destinato alla permanenza e alla commemorazione. Nel progetto di Carlo Scarpa, tale dimensione si traduce nella costruzione di uno spazio articolato secondo logiche di soglia, attraversamento e sospensione. L'acqua che attraversa il sito opera come dispositivo temporale, introducendo continuità, riflessi e variazioni percettive che modulano l'esperienza dello spazio. Vasche, ponti e superfici riflettenti strutturano una sequenza ritmata di percezioni, nella quale la lentezza diventa condizione operativa dell'esperienza. L'opera si configura come costruzione di condizioni temporali, attraverso una calibrata orchestrazione di accessi laterali, soglie oblique e percorsi indiretti. Ogni spostamento nello spazio produce una variazione percettiva coerente con il tema della memoria e con la costruzione progressiva del significato.

Scarpa stabilisce una risonanza sottile tra artificio e natura, in cui il tempo progettuale diventa ascolto del luogo. Questa risonanza qualifica la progettazione come temporalità kairologica,

intesa come modalità di intervento calibrata sulle condizioni del contesto. Il progetto si sviluppa in continuità con i ritmi ambientali, le attese e le pause che strutturano il paesaggio. Il tempo progettuale si articola così in relazione al tempo geologico, atmosferico e simbolico del territorio veneto, integrando la dimensione storica e materiale del luogo nel processo decisionale.

Scarpa lavora con gli artigiani. Ogni giunto, ogni incastro, ogni dettaglio è progettato in loco, discusso, adattato. Non esiste delega, non esiste standardizzazione. Il tempo della progettazione è tempo dell'etica del fare, in cui la qualità nasce dalla cura, non dall'efficienza. È il tempo del marmista, del fabbro, del falegname: tempi lenti, tempi della ripetizione, della prova, dell'errore. Scarpa accompagna il cantiere come un regista, non come un ingegnere: ogni giorno è diverso, ogni fase è un kairos potenziale. Questo tempo dell'artigianalità è anche tempo della relazione: non con l'utente, ma con la materia stessa. Come scrive Pallasmaa, "la mano pensa"[5]: il pensiero non è astratto, è incarnato, ed è nel corpo che si gioca il kairos del progettista.

La Tomba Brion è, in definitiva, una delle più alte manifestazioni di tempo progettuale kairologico nel senso pieno del termine. Non solo perché il progetto si è sviluppato in dieci anni, con fasi iterative e aperte. Ma soprattutto perché Scarpa ha saputo costruire uno spazio temporale: un luogo in cui il visitatore è invitato a rallentare, a ricordare, a percepire il silenzio. In questo senso, Scarpa non progetta solo uno spazio, ma un tempo da abitare.

Un tempo che non è produttivo, ma significativo. Un tempo che non si misura, ma si vive.

---

1 La progettazione della Tomba Brion non segue un progetto esecutivo rigido: Scarpa interviene sul cantiere durante tutte le fasi, trasformando ogni dettaglio in un gesto temporale. Cfr. Dal Co, F. (1984). Carlo Scarpa: The Architect at Work. Rizzoli.

2 Il kairos, per Scarpa, è un tempo incarnato: la materia chiama il gesto, e l'architetto risponde con lentezza, ascolto, tattilità. Il progetto si costruisce nel tempo vissuto. Cfr. Casati, R. (2010). Tempo e architettura. Mondadori.

3 Scarpa e l'istante kairologico: memoria e intuizione



Foto 2.
© Carlo Scarpa, Tomba Brion, San Vito d'Altivole, 1969–1978. Fotografia di Filippo Poli.
Fonte: Domus Web.

Scarpa lavora come un artigiano-filosofo, e il suo tempo progettuale è tempo dell'attesa e dell'intensità. Seguendo la lezione di Bachelard, il progetto non si sviluppa nel tempo, ma lo interrompe: ogni gesto è "un istante verticalizzato" (Bachelard 1938). L'architettura diventa così un modo di abitare la soglia tra ciò che è stato e ciò che sarà

4 La centralità della memoria nella Tomba Brion non è solo tematica, ma operativa: ogni dettaglio è pensato come risposta al tempo passato, alle tracce e ai riti.
Cfr. Murphy, R. (1990). Carlo Scarpa and the Castelvecchio. Butterworth.

5 Il pensiero progettuale di Scarpa si esprime attraverso il dettaglio: ogni nodo costruttivo è luogo di condensazione temporale, dove il pensiero rallenta, osserva e plasma.
Cfr. Pallasmaa, J. (2009). The Thinking Hand. Wiley.

PETER ZUMTHOR. KOLUMBA MUSEUM

Nel pensiero e nella prassi progettuale di Peter Zumthor, il tempo non è mai una variabile tecnica da gestire né un contenitore neutro entro cui collocare l'atto progettuale. La progettazione è interamente fondata su una modalità di esistere nel tempo, un tempo vissuto, rallentato, preparato con attenzione radicale. Il Kolumba Museum di Colonia (1997–2007) ne rappresenta un esempio perfetto, non perché sia frutto di una lentezza produttiva, ma perché nasce da una lunga sospensione progettuale, da un tempo kairologico nel senso più profondo del termine: un tempo che l'architetto si prende per ascoltare, per non decidere subito, per lasciar emergere le forme nel momento giusto.

La storia del Kolumba prende avvio dal sito dell'antica chiesa di Santa Colomba, distrutta nel 1943 e rimasta in rovina per oltre mezzo secolo. Quando Peter Zumthor assume l'incarico della progettazione, avvia una fase preliminare di osservazione e frequentazione ripetuta del luogo, sospendendo l'elaborazione grafica immediata. questa fase costituisce un tempo di immersione progressiva, orientato alla comprensione delle condizioni materiali, atmosferiche e simboliche del sito. L'atto progettuale viene descritto come processo di scoperta graduale, che richiede attesa, attenzione e continuità percettiva[1].

Questa sospensione progettuale è l'essenza del kairos in Zumthor: l'attesa attiva, il ritardare la forma finché non sia matura, finché non emerga come necessaria. In questo senso, il tempo progettuale è profondamente qualitativo, perché abitato da attenzione, cura, indecisione deliberata. La progettazione diventa un atto di risonanza, nel senso che Hartmut Rosa assegna al termine: non si progetta su un luogo, ma con il luogo, in risposta a ciò che il sito sussurra, lentamente[2]. Il Kolumba è progettato come risposta a una chiamata, non come esercizio formale.

Questa modalità ha conseguenze evidenti sul processo: il progetto nasce senza concept dominante, senza linee guida rigide, ma attraverso stratificazioni progressive. I disegni sono tardi, tardissimi. Il tempo viene investito nella costruzione di un pensiero architettonico lento, che si forma nella mente, nel corpo, nei passi compiuti tra le macerie. L'architettura diventa atto di pazienza critica, un processo in cui ogni elemento - luce, muro, soglia - viene deciso nel momento in cui si rivela indispensabile. Non prima.

In questa logica, il tempo kairologico si configura come temporalità cognitiva del progettista, ovvero come fase di maturazione del giudizio e di assunzione consapevole della responsabilità decisionale. Questa sospensione operativa costituisce una modalità di regolazione del ritmo progettuale, attraverso la quale il processo si sottrae alla mera accelerazione produttiva e si orienta alla comprensione approfondita del contesto. In un'intervista del 2008, Peter Zumthor dichiara di aver dedicato settimane alla definizione delle modalità di accesso al sito, intese come primo atto progettuale[3]. Questa fase non si traduce immediatamente in elaborati grafici, ma contribuisce alla costruzione del quadro interpretativo entro cui il progetto prende forma.

La scelta dei materiali è coerente con questo approccio: i mattoni grigio chiaro che costituiscono la nuova struttura museale sono stati sviluppati appositamente, con procedimenti artigianali. Anche qui, il tempo del progetto si allunga: Zumthor rifiuta materiali industriali preformati e preferisce tempi lunghi di ricerca, test, fallimenti. È un tempo che si carica di relazioni: con il sito, con gli artigiani, con il passato. Come scrive Juhani Pallasmaa, "una progettazione profonda ha bisogno di tempo per risuonare dentro l'architetto"[4]. Il Kolumba è frutto di questa risonanza.

La genesi progettuale del Kolumba è dunque il vero campo kairologico: il progetto non è esito, ma esercizio di pre-

senza, di ascolto, di lentezza, in cui ogni decisione ha senso solo se arriva nel momento opportuno. Non si può spiegare il Kolumba se si ignora la qualità del tempo che lo ha generato. La sua forza non è solo formale o materica: è nella pazienza epistemica con cui è stato concepito, in opposizione alla retorica dell'efficienza.

Nel lavoro di Peter Zumthor, la lentezza assume la forma di metodo operativo. Il kairos si configura come condizione strutturale dell'atto progettuale, inteso come processo di maturazione temporale del giudizio. Il Kolumba rappresenta l'esito di questa temporalità: un edificio sviluppato attraverso una fase prolungata di elaborazione e sedimentazione decisionale, nella quale il progetto prende forma in relazione al ritmo e alle condizioni del contesto.

---

1 Peter Zumthor non disegna "concetti" architettonici, ma lascia che il progetto emerga da un'esperienza prolungata di ascolto del luogo. In Thinking Architecture (2006), egli descrive il processo progettuale come una pratica di "percezione intensa", che richiede tempo e sospensione.
Cfr. Zumthor, P. (2006). Thinking Architecture, Birkhäuser, p. 27.

2 La progettazione come tempo di risonanza può essere letta alla luce della teoria sociologica di Hartmut Rosa, secondo cui il rapporto autentico con il mondo si basa su una relazione di risposta sensibile e non di dominio.
Cfr. Rosa, H. (2016). Resonanz: Eine Soziologie der Weltbeziehung. Suhrkamp Verlag.

3 Il concetto di "progettazione che precede il progetto" si riferisce a quella fase mentale, percettiva e dialogica che avviene prima della formalizzazione grafica. In Zumthor, questa fase può durare mesi, persino anni. Pawley documenta come, nel caso del Kolumba, il sito sia stato visitato ripetutamente prima di qualsiasi proposta.
Cfr. Pawley, M. (2009). Peter Zumthor: Buildings and Projects, Phaidon.

4 La lentezza non è intesa in termini di durata cronologica, ma come forma qualitativa del pensiero progettuale. Pallasmaa afferma che "il pensiero spaziale ha bisogno di tempo corporeo per maturare", criticando la velocità digitale e la standardizzazione procedurale.
Cfr. Pallasmaa, J. (2009). The Thinking Hand. Wiley, p. 89.

5 Il kairos, nel senso greco, è il momento "giusto" per l'azione, non calcolabile né ripetibile. In questa lettura, il tempo progettuale di Zumthor è kairologico perché si struttura attorno a istanti decisivi non pianificati, ma vissuti nel loro valore di necessità.

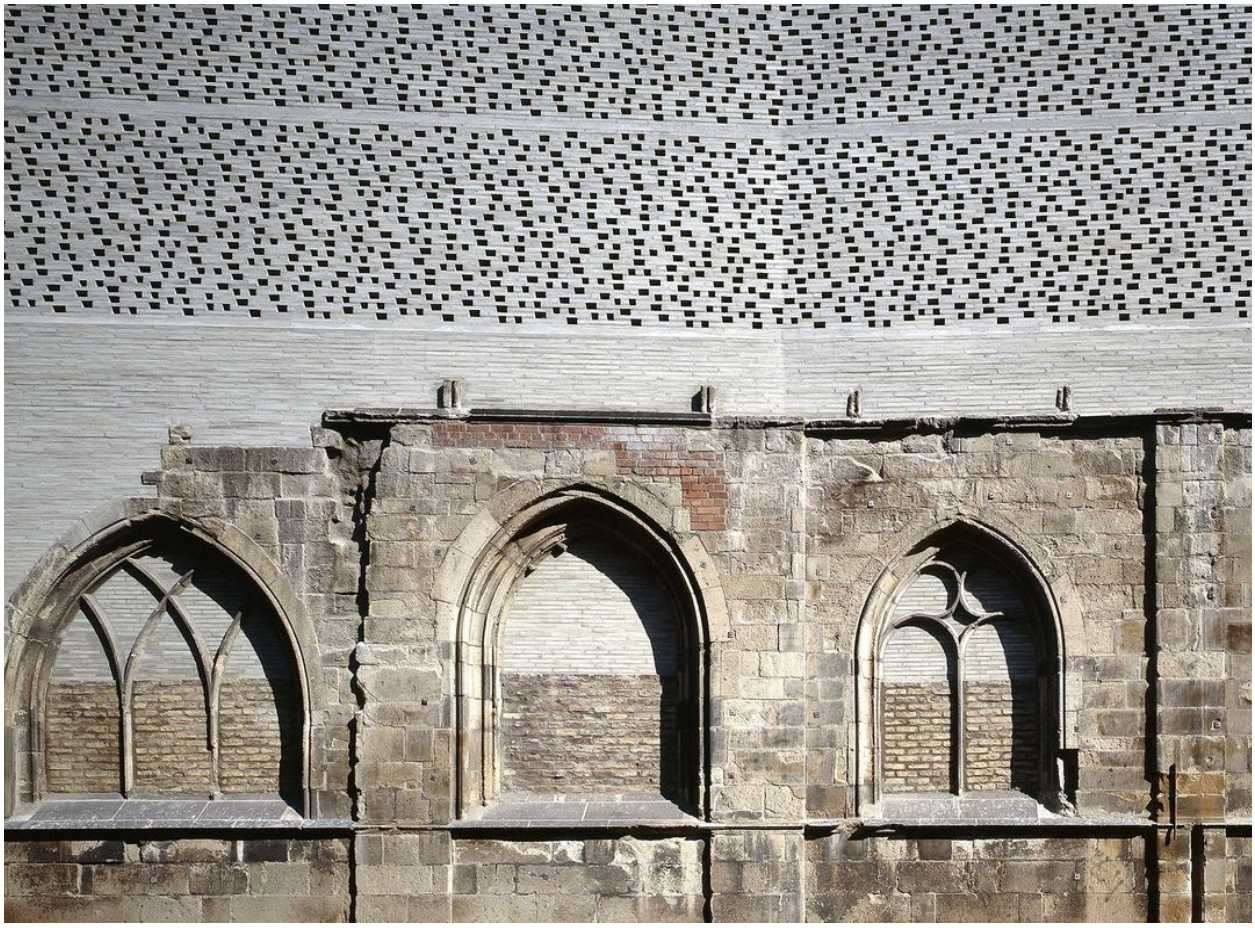


Foto 3.
© Peter Zumthor, Kolumba Museum, Colonia, 1997–2007.
Fotografia di Petersen Tegl.

BALKRISHNA DOSHI. SANGATH STUDIO

Nel lavoro progettuale di Balkrishna Doshi, il tempo non è una condizione esterna da cui difendersi, ma un elemento interno al processo stesso: un tempo da vivere, da ascoltare, da condividere. La progettazione non nasce da una pressione cronologica, né da un'intuizione solitaria, ma da una lenta costruzione collettiva che prende forma solo quando il contesto, la materia e le persone sono pronte. Con il progetto dello Sangath Studio, realizzato ad Ahmedabad tra il 1979 e il 1981, Doshi mette in atto una delle declinazioni più potenti del tempo kairologico nella fase ideativa: un kairos che non è introspezione individuale, ma relazione lenta e profonda con l'altro, inteso come artigiano, collaboratore, studente, comunità[1]. Il nome stesso, Sangath, significa in sanscrito "camminare insieme": non solo un titolo simbolico, ma una vera e propria dichiarazione di metodo. Progettare, per Doshi, significa muoversi all'interno di un tempo condiviso, lasciando che le idee emergano non da un atto formale isolato, ma da un terreno comune di ascolto e confronto. Il progetto è inteso come un campo generativo, dove ogni elemento prende forma in risposta a ciò che accade nel tempo, e mai secondo una regia prestabilita. La fase ideativa è così sottratta alla retorica del concept per divenire pratica quotidiana di attenzione: tempo trascorso sul sito, tempo speso a dialogare, a costruire modelli a mano, a rivedere le stesse domande insieme a chi partecipa alla realizzazione[2].

Doshi non arriva al progetto con soluzioni da applicare, ma con una disponibilità a lasciarsi cambiare dall'interazione. L'architettura, per lui, è sempre anche atto pedagogico, ed è proprio nella progettazione di Sangath che questo aspetto trova piena espressione[3]. Il progetto si sviluppa come un laboratorio didattico permanente, in cui i collaboratori non

eseguono, ma co-intuiscono. Il tempo ideativo diventa così tempo plurale, tempo che si dilata per contenere non solo il pensiero dell'architetto, ma anche quello di chi lavora, modella, costruisce. In questo modo, la qualità del progetto dipende dalla qualità della relazione, e il tempo kairologico si manifesta ogni volta che il progettista rinuncia al controllo immediato per lasciare spazio all'ascolto. Questo tempo non può essere standardizzato: è fatto di ritorni, di pause, di scelte che maturano nei dialoghi e nei gesti. Doshi racconta che alcune delle soluzioni più significative del progetto – come le volte in calcestruzzo ricoperte da ceramica bianca o le rampe che attraversano il verde – non sono nate da un'idea fissa, ma da discussioni avute durante il cantiere, da osservazioni condivise con gli artigiani, da suggerimenti maturati lentamente[4].

Il tempo kairologico, in questo caso, è un tempo rituale, come nei cicli agricoli o nei processi comunitari tradizionali: si rispetta la maturazione di ogni elemento, e il progetto cresce come una forma viva, che si adatta al tempo del luogo e delle persone[5]. Non c'è una linearità di sviluppo, ma una germinazione che accade quando le condizioni lo permettono. In questo senso, Doshi si allontana tanto dall'efficienza del modernismo quanto dalla visione autoriale dell'architetto-genio. La qualità del progetto nasce dalla capacità di costruire un tempo collettivo dell'ideazione, e questo tempo ha bisogno di fiducia, di gesti minimi, di lentezza. È kairos perché ogni decisione avviene quando è pronta, e non quando è attesa. È kairos perché ogni scelta progettuale è condivisa, e quindi più profonda.
Nel cantiere di Sangath, la progettazione non finisce con il disegno: continua nel confronto quotidiano, nell'osservazione dei materiali, nelle correzioni minime suggerite dall'esperienza. Il cantiere è il prolungamento naturale della fase ideativa, ed è lì che molte delle idee trovano la

loro forma definitiva. Doshi non distingue nettamente tra pensare e fare: la progettazione è un unico processo continuo, in cui il tempo del gesto è anche tempo del pensiero[6]. In questo modo, Sangath diventa il corpo di un tempo vissuto in comune, in cui ogni dettaglio è memoria di un dialogo, di una pausa, di un'intuizione che ha trovato spazio. La progettazione non è così l'atto di imporre una forma, ma di coltivare le condizioni perché quella forma emerga insieme agli altri.

Il tempo kairologico di Doshi è quindi un tempo relazionale e corale, fondato sull'etica della condivisione. È il tempo del gruppo che si ferma a discutere un giunto. Il tempo della mattinata passata a osservare come cade la luce, invece di disegnare. Il tempo dello studente che propone una variazione e dell'artigiano che suggerisce un materiale. In definitiva, è il tempo in cui il progetto si fa abitare prima ancora di essere costruito, perché è già condiviso nei suoi significati e nelle sue scelte. Sangath non è solo uno studio: è la traccia costruita di un'esperienza collettiva, di un tempo progettuale vissuto pienamente e in modo generativo. È un'architettura che nasce dal rispetto dei tempi altrui, e che per questo riesce a durare, a trasformarsi, a insegnare. Doshi ha saputo trasformare la fase ideativa in tempo di relazione, di apertura, di crescita reciproca, restituendo alla progettazione il suo valore più profondo: non la velocità della risposta, ma la qualità dell'ascolto.

---

1 Curtis sottolinea come la concezione spaziale e progettuale di Doshi sia sempre filtrata da una dimensione etico-sociale, fondata sulla partecipazione e sull'ascolto.
Cfr. Curtis, W. J. R. (1988). Balkrishna Doshi: An Architecture for India. Rizzoli.

2 Il nome Sangath, in sanscrito, può essere tradotto come "camminare insieme", ma anche come "armonia collettiva". Questo duplice significato sintetizza la natura corale del processo ideativo di Doshi.
Cfr. Doshi, B. V. (2019). Paths Uncharted. Ahmedabad: Vastu-Shilpa Foundation.

3 La presenza costante degli studenti e dei collaboratori nel processo ideativo ha reso il progetto una vera esperienza pedagogica. Gli schizzi non erano strumenti di comunicazione, ma tracce di un pensiero in dialogo.
Cfr. ElKadi, G., Elkerdany, D. (2019). Architectural Review.

4 Le prime intuizioni formali di Sangath derivano da lunghi periodi di osservazione e attesa, durante i quali Doshi visitava quotidianamente il sito senza intervenire graficamente.
Cfr. Doshi, B. V. (2016). Architecture for the People, Vitra Design Museum.

5 Il concetto di kairos, qui, si manifesta nella sospensione deliberata delle decisioni: il progetto si costruisce solo quando la forma è "matura", come un frutto nel suo ciclo naturale.



Foto 4.
© Balkrishna Doshi, Sangath Studio, Ahmedabad, 1978–1981.
Fotografia di Edmund Sumner.

Cfr. Lang, J. et al. (1997). Architecture and Independence, Oxford University Press.

6 La distinzione tra progettazione e costruzione si dissolve nel metodo di Doshi: molte delle scelte formali vengono definite nel cantiere, attraverso micro-decisioni che hanno origine nel corpo, nel gesto, nel confronto con la materia.
Cfr. Frampton, K. (1995). Studies in Tectonic Culture, MIT Press.

FRANK LLOYD WRIGHT. FALLINGWATER

Nel lavoro di Frank Lloyd Wright, la temporalità del progetto si configura come processo di integrazione progressiva tra principio compositivo e condizioni del contesto. Il tempo agisce come durata operativa attraverso la quale l'idea architettonica viene verificata, adattata e calibrata rispetto al sito, ai materiali e alla costruzione. La configurazione formale prende consistenza mediante una continuità tra concezione e realizzazione, in cui il progetto si sviluppa come processo esteso di definizione delle relazioni spaziali e ambientali. Fallingwater (1935) rappresenta uno dei casi in cui la temporalità qualitativa del progetto assume una configurazione particolarmente evidente nel lavoro di Frank Lloyd Wright. L'elaborazione del progetto è preceduta da un periodo prolungato di osservazione e assimilazione delle condizioni del sito, durante il quale vengono progressivamente definite le relazioni tra struttura, paesaggio e articolazione spaziale. Il noto episodio del disegno realizzato in poche ore può essere interpretato come momento di sintesi di un processo di maturazione già compiuto, piuttosto che come atto estemporaneo[1]. Il gesto grafico concentra in forma immediata un tempo di elaborazione sedimentato, nel quale la configurazione dell'edificio si è progressivamente strutturata in relazione al luogo.

Edgar Kaufmann Jr., committente dell'opera, testimonia che Wright visitò più volte il sito prima di disegnare qualsiasi cosa. Durante quei sopralluoghi, non prese misure, non parlò di strutture: camminava, ascoltava il rumore dell'acqua, si sedeva sulle rocce e osservava la luce che filtrava attraverso gli alberi. Per settimane non disegnò nulla, e lasciò che il luogo si sedimentasse dentro di lui. Quando infine, con un'urgenza che non ammetteva ritardi, tracciò l'intero progetto sulla carta, il disegno apparve come una rivelazione, come se fosse già esistito nel pensiero, in attesa del suo

momento[2].

Questo è kairos nel senso più radicale: non un tempo funzionale, ma il tempo esatto in cui forma e intuizione coincidono. Wright stesso scrisse che "la casa non sta sopra la cascata, la casa è la cascata"[3]. Questa identificazione costituisce l'esito di un processo di elaborazione progressiva, nel quale il sito viene assunto come matrice attiva del progetto. L'intervento si sviluppa attraverso una fase di osservazione e interpretazione delle condizioni ambientali, strutturali e paesaggistiche, che orientano la configurazione dell'opera.

Nel lavoro di Frank Lloyd Wright, la definizione del progetto segue una fase prolungata di integrazione tra principio compositivo e condizioni del sito. La formalizzazione grafica interviene quando il sistema di relazioni tra struttura, paesaggio e organizzazione spaziale ha raggiunto un equilibrio operativo. In Fallingwater, il disegno eseguito in poche ore rappresenta la sintesi finale di un processo di elaborazione già consolidato, nel quale l'assetto architettonico era stato progressivamente verificato sul piano ambientale e costruttivo.L'intuizione progettuale si era compiuta prima del gesto grafico. Come scrive Neil Levine, "Wright non progettava per comporre, ma per svelare ciò che era già lì, invisibile e inevitabile"[4].
Questo modo di intendere il tempo ideativo lo avvicina profondamente a una concezione del progetto come evento rivelatore, non come atto tecnico. Wright non aveva un metodo sistematico: ogni progetto nasceva da un ritmo interno, una pulsazione che si sviluppava lentamente, finché non esplodeva nel disegno. La qualità del tempo era tutta concentrata nel prima del segno, in quella zona d'ombra in cui il progetto esiste, ma ancora non si manifesta. Questo "non ancora" è il vero spazio kairologico: tempo qualitativo, tempo vissuto, tempo necessario affinché l'idea trovi la sua

forma[5].

Fallingwater, in questo senso, è un caso esemplare: l'edificio sembra emergere dalla roccia come se vi fosse sempre stato. L'equilibrio raggiunto nel progetto deriva da un processo di maturazione progressiva, nel quale la definizione formale segue una fase di elaborazione e verifica delle relazioni tra edificio e contesto. Nel lavoro di Frank Lloyd Wright, il momento della sintesi coincide con il raggiungimento di una coerenza sistemica tra principio compositivo, struttura e paesaggio. La sospensione operativa che precede la formalizzazione grafica costituisce una fase di regolazione del processo decisionale, durante la quale le relazioni progettuali vengono progressivamente stabilizzate. La configurazione finale emerge quando l'insieme delle condizioni strutturali e ambientali raggiunge un livello di integrazione sufficiente a sostenerne la definizione formale.

---

1 Levine, N. (1996)

2 McCarter, R. (1997).

3 Wright affermava che la casa non fosse costruita sopra la cascata, ma fosse essa stessa cascata. Il progetto, quindi, non occupa il paesaggio: ne diventa parte.
Cfr. Wright, F. L. (1943). An Autobiography, p. 223.

4 Neil Levine sottolinea come l'atto progettuale in Wright sia sempre un gesto rivelatore, e non una costruzione intellettuale progressiva.
Cfr. Levine, N. (1996). The Architecture of Frank Lloyd Wright, p. 68.

5 Kenneth Frampton osserva che il tempo del disegno in Wright è sempre preceduto da un lungo momento di elaborazione intuitiva, non visibile ma fondamentale.
Cfr. Frampton, K. (2007). Modern Architecture: A Critical History, p. 146.



Foto 5.
© Frank Lloyd Wright, Casa Kaufmann (Fallingwater), Mill Run, Pennsylvania, 1935–1939. *Fotografia di Jonathan Lynn. Fonte: Wikimedia Commons; ripubblicata su Domus.*

KENGO KUMA. GC PROSTHO MUSEUM

Nel lavoro progettuale di Kengo Kuma, il tempo assume una funzione regolativa del processo decisionale. Esso interviene come condizione percettiva e interpretativa che orienta le scelte architettoniche fin dalle fasi preliminari. La progettazione si sviluppa come processo di progressiva calibrazione rispetto al contesto, attraverso operazioni di ascolto, attesa e riduzione formale. Le configurazioni spaziali emergono come esito di una maturazione temporale che integra materia, luce e ambiente all'interno di un sistema coerente. Il progetto del GC Prostho Museum Research Center (Kasugai, 2005–2010) rappresenta uno dei casi più emblematici in cui il tempo kairologico non si manifesta nella lentezza dell'edificio, ma nel modo in cui l'architetto costruisce il tempo interiore della progettazione, facendo emergere le forme dalla contemplazione e dal vuoto. Nel lavoro di Kengo Kuma, il processo progettuale si sviluppa attraverso operazioni iterative e frammentarie, fondate su progressivi aggiustamenti e sottrazioni formali. La configurazione spaziale emerge dalla calibrazione delle parti, secondo una logica di riduzione e di regolazione progressiva. La forma si definisce nel momento in cui le relazioni tra i frammenti raggiungono un equilibrio coerente con le condizioni materiali e ambientali del contesto.

Nel testo Anti-Object[1], Kengo Kuma descrive la progettazione come processo orientato alla riduzione della presenza oggettuale dell'architettura a favore dell'intensificazione del rapporto con il luogo. Questa impostazione richiede una temporalità qualitativa, all'interno della quale le decisioni vengono assunte in relazione alla loro necessità sistemica e alla coerenza con l'insieme. La progettazione si sviluppa attraverso sequenze iterative di studio, modellazione in legno e sperimentazione materica e modulare. Il GC Prostho Mu-

seum Research Center nasce da un processo prolungato di esplorazione strutturale, fondato sulla rielaborazione contemporanea del sistema giapponese del Chidori-joint. L'elaborazione progettuale procede per progressiva definizione di una grammatica elementare di connessioni, nella quale la configurazione finale emerge come esito di una maturazione temporale della struttura.

Il tempo kairologico, per Kuma, coincide con il concetto di mujo (impermanenza): non c'è un momento assoluto di invenzione, ma una sequenza di tempi minori, ognuno dei quali è decisivo solo se colto nel suo istante propizio. L'architetto diventa colui che sa attendere il tempo giusto per ogni frammento. In Kengo Kuma: Complete Works[2], si racconta come durante la fase progettuale del GC Prostho, Kuma rifiutò di stabilire una volumetria iniziale. Il progetto si è sviluppato partendo dal nodo, dallo snodo più piccolo, e solo successivamente, attraverso l'accumulo lento e armonico delle unità, è emersa la forma generale. Il tempo progettuale è quindi tempo dell'articolazione minima, del dettaglio che precede la totalità, in un ordine inverso rispetto alla logica funzionalista.

L'uso del legno non è qui solo materico, ma temporale: ogni elemento viene scelto, adattato, e incastrato solo nel momento in cui si dimostra congruente con l'insieme. La lavorazione artigianale di prototipi in scala 1:1 costituisce, nel lavoro di Kengo Kuma, una pratica deliberata di regolazione del ritmo progettuale, orientata alla costruzione di una riflessione corporea e materiale. Questa impostazione si colloca all'interno di una tradizione culturale che attribuisce valore alla ripetizione, alla modulazione ritmica e alla sospensione operativa come dispositivi di maturazione del progetto[3]. Il processo avanza attraverso progressivi aggiustamenti e verifiche materiali, secondo una temporalità ritmata da momenti di intensificazione decisionale. Il kairos si configura così come modalità di sincronizzazione tra ge-

sto costruttivo e maturazione del giudizio, all'interno di un tempo progettuale costruito e regolato dal progettista nel corso del lavoro.

Il kairos in Kuma si manifesta così come tempo sottrattivo e contemplativo: è il tempo in cui l'architetto si mette da parte, si fa vuoto, e lascia che il progetto accada. Non si tratta di lentezza per ragioni tecniche, ma di una precisa etica del progetto: quella che privilegia la discrezione, il non-forzare, l'attenzione. Il Prostho Museum non nasce da un concept predefinito, ma da un percorso di riflessione materiale e spaziale in cui ogni elemento viene aggiunto solo quando "la sua presenza diventa inevitabile"[1]. In questo senso, il tempo della progettazione è atto poetico prima che funzionale, ed è proprio in questa sottrazione del controllo che si dà lo spazio per un kairos radicale.
In definitiva, Kengo Kuma costruisce i suoi progetti come si compone un haiku: ogni elemento appare semplice, ma è frutto di una lunga sospensione, di una delicatezza temporale. Il GC Prostho Museum è il risultato di una progettazione lenta, porosa, riflessiva, in cui il tempo kairologico è costruito nella ripetizione, nell'esercizio, nella fiducia che ogni frammento troverà il proprio momento per farsi architettura.

---

1 Kuma sostiene che ogni gesto progettuale deve avvenire solo quando "la sua presenza diventa inevitabile". Questo criterio definisce il kairos come tempo della necessità intuitiva.
Cfr. Kuma, K. (2008). Anti-Object, p. 87.

2 La progettazione di GC Prostho non parte da un'idea volumetrica, ma da uno studio modulare reiterato. L'ordine spaziale emerge dal nodo, non dal tutto.
Cfr. Botond, B. (2012). Kengo Kuma: Complete Works.

3 La ripetizione artigianale dei modelli a grandezza naturale serve a rallentare il processo, per evitare che l'idea preceda l'esperienza.
Cfr. Isozaki, A. (2006). Japan-ness in Architecture.

4 Il concetto di mujo (impermanenza) è una delle matrici temporali della cultura giapponese: non c'è eternità, ma solo equilibrio precario. Kuma progetta nel rispetto di questa temporalità.
Cfr. Nitschke, G. (1993). From Shinto to Ando.

5 Il tempo progettuale in Kuma è sempre legato al ritmo, non alla sequenza: ogni decisione è presa in un tempo musicale, non lineare.
Cfr. Frampton, K. (2007). Modern Architecture: A Critical History.



Foto 6.
© Kengo Kuma & Associates, GC Prostho Museum Research Center, Kasugai, 2010.
Fotografia di Daici Ano

LOUIS I. KAHN. NATIONAL ASSEMBLY OF BANGLADESH

Nel lavoro di Louis I. Kahn, il processo progettuale si sviluppa attraverso una progressiva definizione delle relazioni tra struttura, luce e ordine geometrico. La progettazione assume la forma di una elaborazione estesa nel tempo, orientata alla ricerca di coerenza tra funzione istituzionale, principio costruttivo e configurazione spaziale. Il progetto della National Assembly di Dhaka (1962–1983) rappresenta un caso emblematico di questa temporalità estesa, nella quale la forma emerge da una sequenza di studi e verifiche che consolidano progressivamente l'assetto volumetrico e strutturale. La nota affermazione secondo cui occorre interrogare "ciò che l'edificio vuole essere" può essere interpretata come indicazione metodologica: la forma si definisce attraverso un processo di chiarificazione progressiva dell'ordine intrinseco dell'opera[1].

Il tempo della progettazione, si distende in modo lento e si struttura come un percorso in cui ogni elemento: dalla luce alla geometria, trova il suo momento per emergere. Kahn trascorre anni a sviluppare il progetto senza definire la forma finale, lasciando che questa maturi come un'idea "in cerca della sua gravità"[2]. Le prime idee progettuali non sono visuali, ma concettuali: sono domande. Cosa deve essere un parlamento? Qual è la sua dignità? In che modo può rappresentare un popolo senza diventare oggetto? A queste domande, Kahn risponde non con soluzioni, ma con tempo: il tempo necessario perché le risposte sorgano, e perché la forma possa manifestarsi solo quando è carica di senso.

Durante i lunghi anni della progettazione, Kahn ritarda ogni decisione strutturale, non per indecisione, ma per ascolto profondo. Ogni elemento spaziale -le torri, i vuoti cilindrici, la luce zenitale- non è esito di calcolo, ma di un'emersione che avviene nel momento giusto, mai prima. In questo modo, la fase ideativa si configura come una forma di pra-

tica spirituale, in cui l'architetto non crea, ma rivela. Kahn stesso parla della "forma" come di un'entità che esiste prima del progetto:
"Form is what the building wants to be." [3]
Il kairos progettuale di Kahn è quindi tempo dell'invocazione: un tempo sospeso, in cui ogni decisione deve risuonare con la dignità dell'opera. Il progetto della National Assembly si sviluppa lentamente, anche quando i disegni esistono. Nel processo progettuale di Louis I. Kahn, alcune configurazioni formali attraversano fasi prolungate di sospensione, durante le quali il progetto viene sottoposto a ulteriori verifiche e rielaborazioni prima di essere consolidato. Questa regolazione del ritmo progettuale privilegia la progressiva chiarificazione dell'ordine spaziale rispetto all'accelerazione decisionale[4].
Questo tempo di attesa è pieno di significato: è un tempo abitato dal pensiero, dalla luce, dalla gravità della funzione.
Per Louis I. Kahn, il Parlamento assume il valore di istituzione civile fondativa, e la configurazione architettonica deve esprimere questa dimensione attraverso un ordine spaziale coerente e rigoroso. La definizione formale richiede una durata progettuale estesa, capace di consolidare la relazione tra geometria, struttura e luce fino al raggiungimento di una coerenza simbolica e istituzionale. Il tempo del progetto si orienta così verso la costruzione di un assetto capace di trascendere la mera funzionalità, assumendo valore rappresentativo. Il lungo processo progettuale riflette una scelta consapevole di regolazione del ritmo decisionale, finalizzata alla precisione del dettaglio e all'integrazione di ogni elemento all'interno di un sistema unitario[5].
La lentezza era dunque parte strutturale della qualità del progetto. La forma del parlamento, con i suoi grandi vuoti, i tagli, i riflessi, non è decorazione: è la traccia del tempo vissuto dal pensiero progettuale.

In questo modo, la progettazione si fa atto spirituale e rivelazione ontologica: la luce diventa materia prima, le proporzioni diventano ritmo, il vuoto diventa voce. Il tempo kairologico, in Kahn, non è tempo umano: è tempo dell'idea che si incarna. E affinché ciò accada, l'architetto deve essere capace di fermare il gesto finché non è il momento giusto.

---

1 Per Kahn, la progettazione non consiste nell'invenzione, ma nella capacità di far emergere la forma che è già presente in potenza.
Cfr. Kahn, L. I. (1973). Form and Design, p. 34.

2 McCarter, R. (2005), p 305

3 L'espressione "what the building wants to be" sintetizza l'intero approccio di Kahn al progetto come rivelazione.
Cfr. Kahn, L. I. (1973). Form and Design, p. 34.

4 Frampton osserva come Kahn trascuri ogni rapidità funzionale in favore di un'attesa sacrale della forma.
Cfr. Frampton, K. (1980), p. 184.

5 Solomon sottolinea che la lentezza del progetto non è fallimento, ma metodo.
Cfr. Solomon, S. G. (1991), p. 97.



Foto 7.
Louis I. Kahn, National Assembly Building, Dhaka, Bangladesh, 1962–1983. *Fotografia © Raymond Meier.*
Fonte: Artribune, "*Louis Kahn, il potere dell'architettura*", 2014

ÁLVARO SIZA. PISCINA DI LEÇA DA PALMEIRA

Il progetto delle Piscinas de Marés (1961–1966) rappresenta un caso esemplare di regolazione controllata del ritmo progettuale, in cui l'ideazione procede attraverso l'elaborazione progressiva di un sistema coerente di relazioni spaziali e ambientali. Il processo si sviluppa mediante una sequenza di verifiche tra morfologia del sito, articolazione dei percorsi e definizione delle soglie, consentendo alle decisioni di consolidarsi solo quando raggiungono un livello sufficiente di coerenza operativa. La durata progettuale diventa così strumento di integrazione tra costruzione e paesaggio, attraverso un progressivo allineamento tra configurazione spaziale e condizioni naturali. Álvaro Siza utilizza la fase ideativa per instaurare una relazione esplorativa e non predittiva con il luogo: non parte da un'immagine o da un'ipotesi, ma da un processo di osservazione in situ, che richiede tempo per stabilizzare percezioni, orientamenti e soglie ambientali[1].

Questa fase di osservazione non produce immediatamente un disegno. Siza elabora il progetto per gradi, con schizzi successivi che non hanno funzione risolutiva, ma esplorativa. Le decisioni progettuali – come la posizione dei muretti, il disegno delle vasche, il tracciato dei percorsi – vengono definite solo dopo aver compreso la logica del sito. Il progetto non si limita a un inserimento paesaggistico, ma si sviluppa attraverso un processo di adattamento progressivo tra morfologia del sito, articolazione spaziale e sistema costruttivo. La regolazione del ritmo progettuale privilegia una fase estesa di osservazione e verifica delle condizioni ambientali, orientando le decisioni verso un assetto coerente con il contesto[2].

La qualità del progetto deriva dalla progressiva chiarificazione delle relazioni interne, piuttosto che dalla ricerca di effetti formali immediati. L'appropriatezza si costruisce attraverso una sequenza di micro-decisioni che si consolida-

no quando raggiungono una coerenza sistemica. La stessa posizione teorica viene ribadita nelle riflessioni dell'autore, che riconduce l'origine del progetto a un processo di osservazione intensa e rielaborazione delle condizioni reali[3].

Il progetto delle piscine rappresenta l'esito di una fase di elaborazione estesa, orientata alla comprensione delle condizioni morfologiche, materiche e percettive del sito prima della definizione formale. Il tempo della progettazione viene impiegato come dispositivo di verifica progressiva, attraverso iterazioni controllate che consentono di consolidare le relazioni tra costruzione e paesaggio. La qualità del progetto si fonda sulla coerenza tra configurazione spaziale e struttura ambientale, raggiunta mediante una sequenza di decisioni graduali e integrate. La formalizzazione definitiva interviene quando le relazioni tra parti, materiali e contesto raggiungono un livello di stabilità operativa sufficiente a sostenerne l'attuazione. In questo assetto, il processo progettuale assume la forma di una regolazione percettivo-operativa, nella quale ogni elemento architettonico deriva da una progressiva chiarificazione delle condizioni del luogo.

1 Tavares, P. (2019)
2 Frampton osserva che Siza sviluppa i progetti solo dopo aver stabilito una relazione percettiva stabile con il contesto.
Cfr. Frampton, K. (2007), p. 243.
3 Siza esplicita il suo metodo fondato sull'osservazione intensa e non sull'astrazione concettuale.
Cfr. Siza, Á. (2000), p. 89.



Foto 8.
© Álvaro Siza Vieira, Piscinas de Marés de Leça da Palmeira, Leça da Palmeira, 1961–1966.
Fotografia Fernando Guerra.
Fonte: ArchDaily.

GLENN MURCUTT. MARIE SHORT HOUSE

Il lavoro di Glenn Murcutt si distingue all'interno del panorama architettonico contemporaneo per una radicale semplicità metodologica e un'impostazione progettuale individuale, che si sviluppa interamente fuori dai circuiti collettivi e produttivi dell'architettura contemporanea. La sua pratica si basa su una condizione di autonomia assoluta: Murcutt lavora da solo, senza studio, senza assistenti, senza cantiere delegato. Questo assetto determina una modalità progettuale fondata su una gestione completamente personale del tempo, che viene diluito, rallentato, articolato in funzione della maturazione delle scelte ideative. La progettazione si sviluppa per accumulo lento, attraverso sopralluoghi, rilievi manuali, schizzi successivi, osservazioni ambientali. È un processo che richiede l'interiorizzazione del luogo, in cui il tempo kairologico si manifesta come tempo del pensiero isolato e dell'adattamento climatico[1].
Nel caso della Marie Short House (1975–1980), situata nella campagna del New South Wales, Murcutt applica in modo sistematico questa modalità. Trascorre numerosi mesi sul sito, analizzando le variazioni solari, i flussi del vento, l'umidità stagionale, la vegetazione locale. Ogni elemento progettuale- dalla posizione della veranda alla forma della copertura, dall'orientamento ai materiali- è il risultato di una scelta maturata attraverso un tempo qualitativo di osservazione lenta e ragionamento progettuale solitario. Il disegno viene aggiornato progressivamente, senza pressioni esterne, fino a raggiungere una sintesi che sia in equilibrio con le condizioni ambientali.

Nel lavoro di Glenn Murcutt, il tempo progettuale assume una dimensione operativa centrata sulla regolazione autonoma del processo decisionale. La progettazione si sviluppa attraverso cicli di iterazione, verifica climatica e controllo

costruttivo, nei quali ogni scelta viene progressivamente testata rispetto alle condizioni ambientali e materiali del sito. La qualità del progetto dipende dall'allineamento tra configurazione spaziale, comportamento climatico e sistema costruttivo. Il disegno svolge una funzione di verifica e consolidamento delle relazioni già esplorate sul piano esperienziale e tecnico. Il processo si configura come un ciclo continuo di pensiero e costruzione, privo di gerarchie rigide tra fase ideativa e fase esecutiva[2].

La progettazione avviene in tempi non dettati da committenze o scadenze, ma da ritmi interiori. Questo approccio è sperimentale: la lentezza serve a verificare, a confrontare, a ridefinire. La solitudine non è un rifiuto del dialogo, ma una condizione metodologica che permette al tempo di diventare uno strumento di messa a punto continua, senza esternalità. Nel caso di Murcutt, il kairos coincide con un momento di consolidamento operativo, in cui le relazioni tra clima, materia e costruzione raggiungono un livello di coerenza tecnica sufficiente a sostenere la definizione formale.
Marie Short House, con la sua struttura leggera in acciaio e lamiera ondulata, con pannelli mobili e sistemi passivi di ventilazione e schermatura, rappresenta una progettazione nata dall'osservazione climatica trasformata in spazio. Il progetto è essenziale, ma ogni dettaglio è il risultato di una scelta lenta, pesata, adattativa.

In questo senso, la fase ideativa è un tempo progettuale in cui la qualità è data dalla precisione delle risposte a fenomeni reali, colti e analizzati attraverso il tempo.
Il kairos assume una configurazione tecnico-operativa, fondata su una regolazione consapevole della durata progettuale. Il processo ideativo si sviluppa attraverso una dilatazione controllata delle fasi di verifica climatica, materica e costruttiva. Il processo è orientato alla definizione di un

assetto coerente tra configurazione spaziale e sistema ambientale, mediante una calibrazione progressiva dei parametri climatici e costruttivi.

Il progetto si definisce mediante una progressiva calibrazione delle relazioni tra struttura, orientamento, ventilazione e sistema costruttivo, fino al raggiungimento di una coerenza ambientale verificabile.

1 Drew, P. (1999)
2 Philip Drew sottolinea la coincidenza tra ideazione e costruzione nel lavoro solitario e speri mentale di Murcutt.
Cfr. Drew, P. (1999), p. 41.



Foto 9.
Glenn Murcutt, Marie Short House, Kempsey, New South Wales, 1974–1975 (ampliata 1980).
Fotografia ©Anthony Browell.
Fonte: Ozetecture; immagini tratte da The Architecture of Glenn Murcutt (TOTO, 2008)

ACHIM MENGES. ICD/ITKE RESEARCH PAVILION

Il lavoro di Glenn Murcutt si distingue all'interno del panoraIl lavoro di Achim Menges, condotto all'interno dell'Institute for Computational Design (ICD) e dell'Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) dell'Università di Stoccarda, rappresenta una delle espressioni più avanzate di un tempo progettuale digitale e strutturale. Nei suoi padiglioni sperimentali, progettati e costruiti annualmente dal 2010, Menges sviluppa una metodologia in cui il progetto architettonico non è definito in anticipo, ma emerge da un processo iterativo di simulazione, verifica, e ricalibrazione progressiva. Il caso del ICD/ITKE Research Pavilion (2010–2011) dimostra come la fase ideativa, pur avvalendosi di strumenti computazionali, non sia riducibile a un'esecuzione algoritmica, ma si configuri come un tempo qualitativo di interazione riflessiva tra dati, vincoli materiali e scelte progettuali[1].

Il progetto si avvia a partire da un sistema di parametri morfologici derivati dalla struttura dei gusci chitinosi di alcuni insetti marini, analizzati mediante modelli digitali e bio-strutturali. La definizione formale procede attraverso una sequenza di simulazioni computazionali che generano variazioni progressivamente affinate, ciascuna sottoposta a valutazione e ricalibrazione in rapporto ai vincoli meccanici, geometrici e ambientali. Il processo si struttura come ciclo ricorsivo di simulazione, verifica e modifica, nel quale ogni iterazione produce informazioni che retroagiscono sui parametri iniziali. Nel lavoro di Achim Menges, il kairos coincide con questo momento di consolidamento iterativo, in cui la configurazione emerge attraverso una progressiva stabilizzazione delle relazioni tra dato biologico, algoritmo e comportamento materiale.
La qualità del tempo progettuale si misura nella capacità di

governare la complessità generativa attraverso una regolazione intenzionale delle variabili.
Nel lavoro di Achim Menges, il processo esplora una molteplicità di configurazioni generate algoritmicamente, sottoponendole a modifiche dei parametri iniziali e a verifiche attraverso modelli fisici in scala. Le iterazioni successive consentono una progressiva convergenza verso un assetto formalmente coerente e strutturalmente performante. Il progetto assume la forma di un sistema di elaborazione retroattiva, nel quale simulazione digitale e sperimentazione materiale operano congiuntamente, producendo un affinamento progressivo delle relazioni tra algoritmo, materia e comportamento strutturale[2].

Il tempo kairologico si manifesta qui come tempo computazionale di progettazione adattiva, in cui ogni scelta formale è figlia di un tempo deliberato di osservazione, simulazione e risposta. Il padiglione non è progettato in un singolo gesto, ma attraverso una serie di micro-decisioni che si accumulano fino a costruire una forma coerente con le logiche ambientali e strutturali. Come ha sottolineato Fabio Gramazio, "la progettazione digitale non annulla il tempo progettuale, lo ricodifica"[3] . In questo senso, il lavoro di Menges è una testimonianza esemplare del fatto che anche la computazione può produrre kairos – a patto che il progetto sia costruito come campo dinamico di interazioni lente e qualitativamente orientate.

Il caso dell'ICD/ITKE Research Pavilion evidenzia come l'architettura possa emergere da una regolazione estesa del tempo computazionale, nel quale simulazione, vincoli strutturali e dati materiali operano all'interno di un sistema integrato. L'architetto assume il ruolo di coordinatore del processo generativo, orientando le iterazioni fino al raggiungimento di una convergenza tra comportamento strut-

turale e configurazione formale. In questo assetto, il kairos coincide con il momento di stabilizzazione sistemica, quando parametri, prestazioni e geometria raggiungono una coerenza verificabile.

La progettazione computazionale produce una dilatazione controllata del processo, trasformandolo in uno spazio di elaborazione critica nel quale la qualità deriva dall'interpretazione e dalla ricalibrazione continua dei dati.

1 Menges, A. (2021)
2 Menges descrive la fase progettuale come iterazione tra simulazioni e verifiche strutturali, in cui la forma emerge nel tempo.
Cfr. Menges, A. (2021), p. 44
3 Gramazio e Kohler sottolineano che il digitale, se ben gestito, diventa un ambiente progettuale riflessivo.
Cfr. Gramazio, F., & Kohler, M. (2013), p. 62.



Foto 10.
ICD/ITKE Research Pavilion 2016–17, Institute for Computational Design and Construction (Prof. A. Menges), University of Stuttgart.
Fotografia: *©Burggraf/Reichert.*
Fonte: ICD/ITKE University of Stuttgart. Fonte: icd.uni-stuttgart.de.

CONCLUSIONE

L'analisi condotta su dieci progetti architettonici, selezionati per la loro capacità di esprimere forme differenti di tempo kairologico, ha messo in evidenza la centralità della dimensione temporale all'interno del processo ideativo. Attraverso un confronto tra contesti culturali, approcci disciplinari e posture operative, è emerso che il tempo progettuale di qualità non è riconducibile a un modello unico, ma si articola in modalità diverse e specifiche, spesso profondamente legate alla biografia progettuale dell'architetto.

Il kairos è stato osservato come tempo qualitativo intenzionale che interviene nella definizione delle scelte progettuali attraverso sospensioni operative, cicli iterativi, verifiche progressive e fasi di affinamento percettivo. Nei diversi casi analizzati, questa qualità temporale assume configurazioni differenti. In alcuni, si manifesta come tempo di verifica e controllo tecnico, in cui la durata progettuale è impiegata per calibrare parametri ambientali, strutturali o computazionali (Murcutt, Menges). In altri, si configura come tempo relazionale, orientato alla costruzione di coerenza tra memoria, contesto e soggetti coinvolti nel processo (Doshi, Scarpa). In ulteriori casi, emerge come tempo di integrazione percettiva e topografica, nel quale la progettazione si sviluppa attraverso una regolazione progressiva delle relazioni tra architettura e sito (Siza, Zumthor). In tutte queste declinazioni, il kairos agisce come componente metodologica interna al processo progettuale, organizzandone il ritmo e orientandone la progressiva definizione.

Questa varietà di approcci evidenzia come la qualità progettuale dipenda dalla gestione consapevole della durata del processo, intesa come strumento critico e operativo. La progettazione assume la forma di un processo articolato e

discontinuo, nel quale le decisioni vengono assunte quando raggiungono un livello adeguato di maturazione rispetto al contesto, alla materia e alla dimensione simbolica dell'opera. La definizione formale emerge attraverso una progressiva stabilizzazione delle relazioni interne al progetto, piuttosto che come esito di una scansione rigidamente sequenziale.

Infine, il concetto di kairos si è dimostrato utile anche sotto il profilo metodologico: ha permesso di interpretare i processi progettuali non come esiti di scelte stilistiche o formali, ma come modelli temporali di costruzione della qualità architettonica. L'obiettivo di questo capitolo non è stato quello di tipologizzare o classificare tali modelli, ma di renderli visibili e confrontabili, offrendo una base teorica e operativa per una lettura più profonda della relazione tra tempo e progetto.

APPROFONDIMENTO METODOLOGICO – LE DIECI DIMENSIONI DEL TEMPO KAIROLOGICO

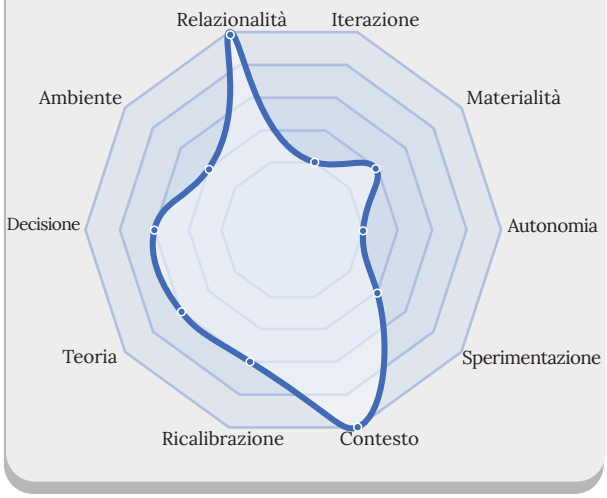
Nel corso dell'analisi comparativa dei dieci progetti selezionati, si è resa necessaria una sistematizzazione delle modalità con cui il tempo qualitativo si manifesta nella fase progettuale. Per questo motivo, si è scelto di articolare il concetto di kairos in dieci dimensioni operative, non intese come categorie universali, ma come strumenti critico-analitici emersi dal confronto diretto con le pratiche degli autori. Questi parametri consentono una lettura trasversale delle firme progettuali, mettendo in luce le differenze nelle posture temporali, nei metodi e nelle intenzionalità.

- Controllopersonale:
  Questa dimensione identifica il grado di autonomia con cui l'architetto guida il processo progettuale. In alcuni casi, il kairos si manifesta come tempo individuale di rigore e concentrazione, nel quale il progetto prende forma attraverso una volontà pienamente controllata e solitaria.
- Dialogo con la materia
  Qui il tempo progettuale acquista qualità attraverso il confronto diretto con il materiale, il dettaglio, il cantiere. La progettazione diventa un processo di ascolto e risposta, in cui l'architetto modifica il progetto in funzione di ciò che la materia suggerisce.
- Iterazione tecnica
  Alcuni autori impiegano il tempo kairologico per sperimentare, testare, ripetere soluzioni. In questo caso, la qualità emerge da un processo iterativo e tecnico, che non è lineare ma basato su prove, modelli, simulazioni – sia analogiche che digitali.
- Relazione con gli utenti
  Il kairos può essere anche tempo relazionale. Quando l'architetto apre il progetto alla comunità, al dialogo con gli abitanti o con gli artigiani, il tempo acquista valore come

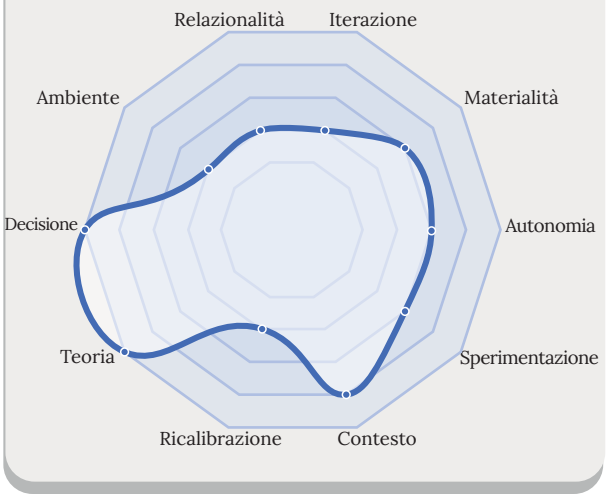
tempo condiviso, in cui l'architettura si forma attraverso il confronto sociale e umano.

- Tempo atmosferico
  Alcuni progettisti lavorano secondo una logica di immersione nel contesto climatico e ambientale. Il kairos si esprime in questo caso come tempo di osservazione sensibile, in ascolto della luce, del vento, delle stagioni, della geografia.
- Gestione del tempo decisionale
  In questa modalità, il tempo qualitativo è sospensivo. Il progetto non viene imposto, ma atteso. L'architetto agisce in modo percettivo, lasciando che la forma emerga da uno stato di attenzione diffusa, e non da una decisione immediata.
- Elaborazione teorico-concettuale
  Alcuni progetti si fondano su una lunga fase di elaborazione teorica o filosofica. Il tempo kairologico è allora tempo intellettuale, in cui il pensiero strutturante viene maturato prima di tradursi in forma. È una progettazione che si nutre di tempo speculativo.
- Ricalibrazione progressiva del progetto
  Non sempre il progetto segue un'idea prestabilita. In alcuni casi, la qualità nasce proprio dalla capacità di modificare il progetto in corso d'opera, accettando la trasformazione come parte costitutiva del processo.
- Contestualizzazione storico-culturale
  Il kairos può anche essere un tempo storico e politico, in cui l'architetto risponde criticamente alla condizione culturale del proprio tempo. Questo può avvenire attraverso il recupero della memoria o la reinvenzione delle tradizioni.
- Sperimentazione metodologica
  Alcuni progettisti costruiscono qualità attraverso l'esposizione al rischio: mettono in discussione il proprio metodo, lavorano su materiali sconosciuti o configurazioni instabili. Qui il kairos è un tempo fragile, in tensione, che sfida l'architetto a mantenere la rotta.

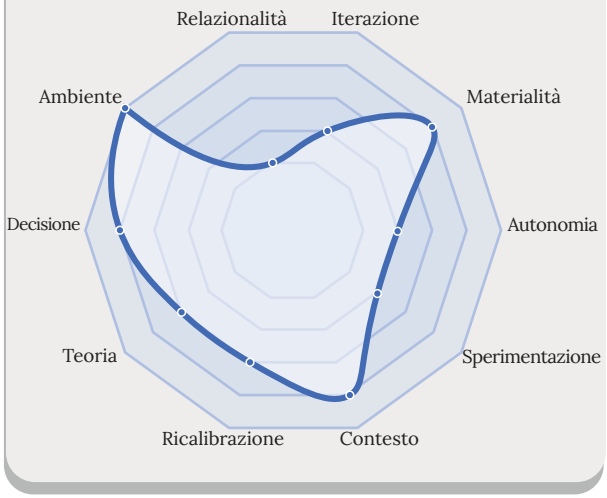
Doshi



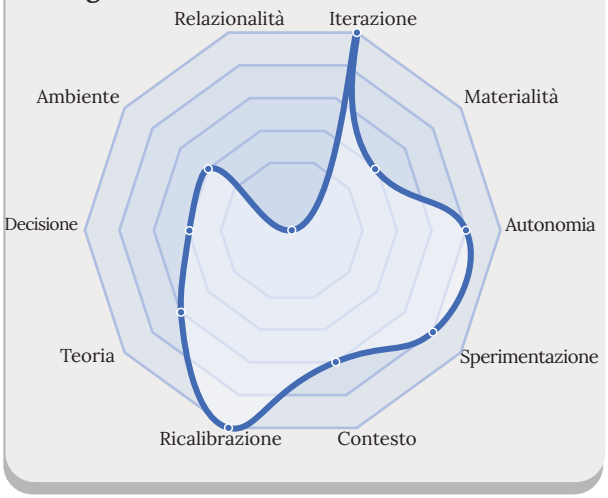
Kahn



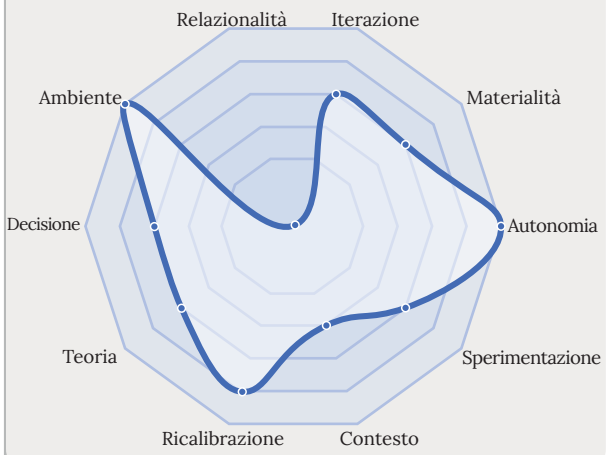
Kuma



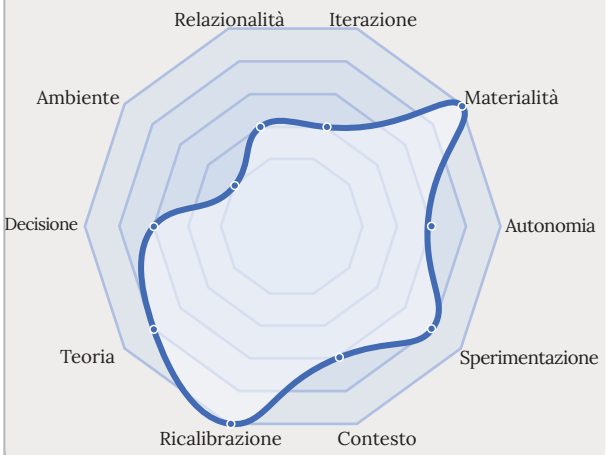
Menges

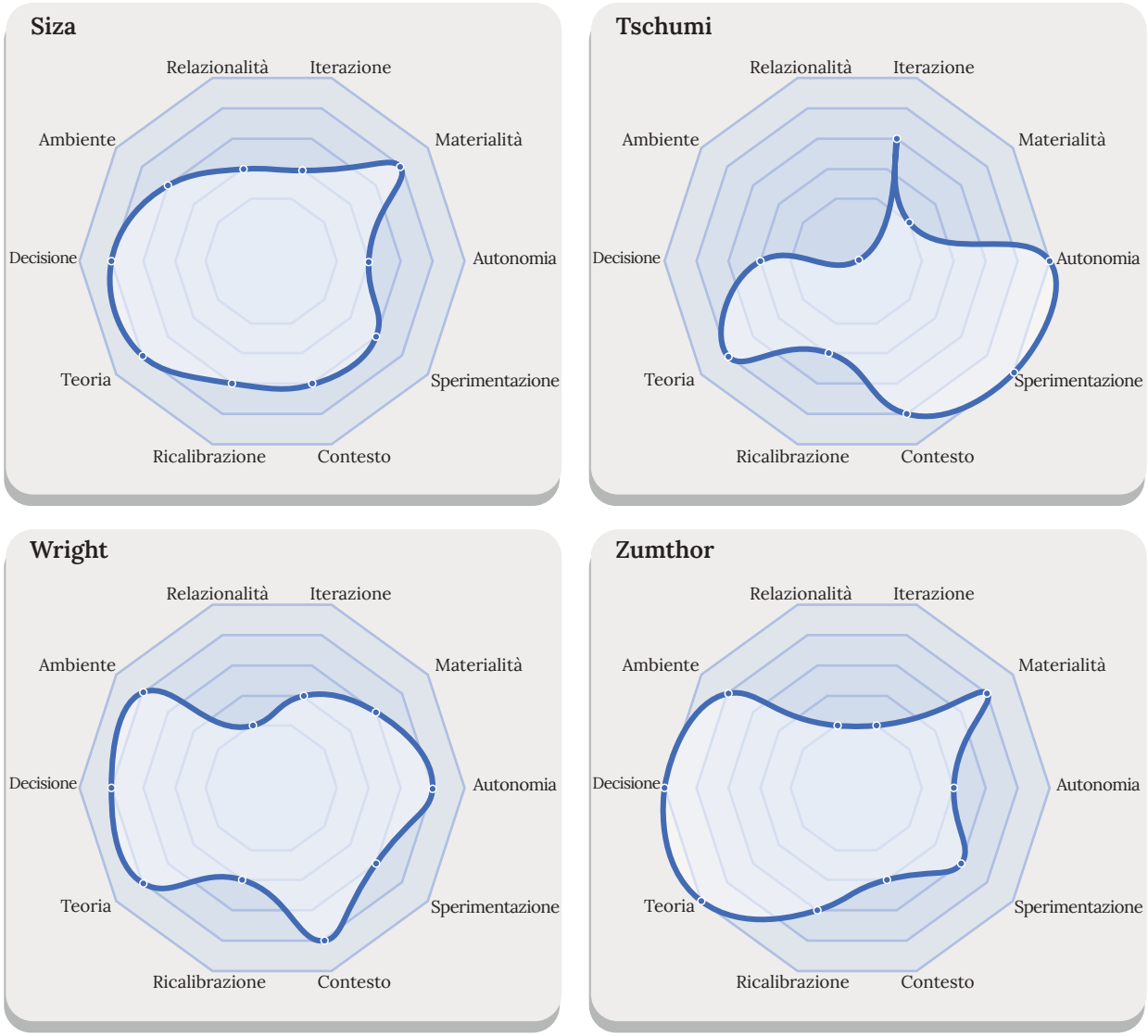


Murcutt



Scarpa





Scala valori:
0 Assente o trscurabile
1 Traccia minima
2 Presenza contenuta
3 Presenza significativa
4 Presenza dominante
5 Componente centrale

Il grafico mostra le dieci modalità attraverso cui gli archtetti utilizzano il loro tempo di qualità (kairologico) durante la fase progettuale, mettendo a confronto i dieci progetti selezionati. I valori, compresi tra 0 e 5, indicano l'intensità con cui ciascun parametro è stato rilevato nel processo di ideazione del progetto, secondo un'analisi critica comparata.

Fig.3.5 La scala utilizzata nel grafico radar non esprime una misura fisica, ma rappresenta un indice qualitativo a valori discreti.
Ogni valore da 0 a 5 indica il grado di intensità con cui è stata identificata, nell'analisi critica del progetto, la presenza di una delle dieci dimensioni operative del tempo kairologico.
La scala non si basa su criteri metrici oggettivi, ma su una valutazione argomentata, costruita attraverso la comparazione testuale, progettuale e teorica tra i dieci casi studio.

È da intendersi come strumento euristico, utile alla sintesi visiva e non alla misurazione matematica del fenomeno.

3.6 NUOVO MODELLO PROGETTUALE

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nel processo progettuale architettonico incide sulla struttura del processo decisionale, influenzando le modalità attraverso cui le informazioni vengono raccolte, organizzate, interpretate e utilizzate nel progetto. Il suo contributo si colloca sul piano della mediazione cognitiva, operando come infrastruttura capace di rendere trattabile una complessità informativa crescente. In questo assetto, il giudizio progettuale e la responsabilità delle decisioni restano saldamente ancorati all'azione del progettista[1]. Questo approccio si colloca all'interno di una tradizione di ricerca progettuale che valorizza il ruolo riflessivo del progettista come soggetto in grado di interagire con l'incertezza e la complessità del contesto decisionale, come evidenziato da Donald Schön[2] e Bryan Lawson[3].
Il modello qui proposto concepisce il progetto come un processo informato articolato per passaggi consecutivi, nel quale ogni fase genera conoscenza utilizzabile nella successiva. Il progetto si sviluppa come una sequenza di trasformazioni cognitive e operative, sostenute da dispositivi capaci di rendere la complessità leggibile, confrontabile e verificabile, esplicitandone le relazioni interne. In questo assetto, i dati operano come supporto informativo al processo progettuale, orientandone le decisioni senza determinarne automaticamente gli esiti.

Uno dei nodi critici affrontati da questo modello riguarda la partecipazione. Le pratiche partecipative consolidate hanno mostrato limiti strutturali nella capacità di incidere in modo verificabile sulle decisioni progettuali. I contributi degli utenti, raccolti prevalentemente in forma discorsiva, narrativa o informale, risultano spesso difficilmente confrontabili e scarsamente traducibili in criteri operativi. Il risultato è una partecipazione che rimane consultiva o simbolica, senza entrare nella struttura profonda del processo decisionale.

Questo passaggio implica una trasformazione del modo in cui le istanze degli utenti vengono tradotte in informazione. In tale assetto, i moduli assumono un ruolo centrale come dispositivi progettuali capaci di strutturare il campo del problema. La loro configurazione contribuisce a definire ciò che viene reso esplicito dell'esperienza abitativa, il modo in cui le informazioni vengono formulate e le relazioni considerate rilevanti all'interno del processo. Il modulo si configura così come una prima fase di progetto, nella quale vengono stabilite le condizioni operative entro cui il processo potrà evolvere[4].

I dati prodotti attraverso i moduli si configurano come esiti di scelte progettuali e interpretative legate alla formulazione delle domande, alla definizione delle categorie e alla selezione delle variabili. Il dibattito sui Big Data ha messo in evidenza come l'informazione derivi da processi di costruzione che incorporano valori, priorità e visioni del mondo, incidendo sulle modalità di lettura e di utilizzo dei dati. Il riconoscimento di questa dimensione costruttiva del dato costituisce una condizione essenziale per mantenere il progetto all'interno di una catena di responsabilità esplicite e per orientare in modo consapevole l'impiego di strumenti automatici[1].

Una volta strutturati, i dati entrano nella fase di trasformazione. In questa fase, le statistiche operano come strumenti di lettura e di verifica, non come meccanismi decisionali. I dati raccolti attraverso i moduli sono prevalentemente categoriali (es. preferenze d'uso degli spazi: aula multifunzionale, area verde, sala riunioni), ordinali (es. livelli di priorità: alto, medio, basso) e frequenziali (es. numero di utenti che indicano una determinata esigenza). L'analisi descrittiva consente di individuare distribuzioni e ricorrenze; l'analisi comparativa permette di mettere in relazione gruppi di utenti, esigenze o condizioni spaziali; ad esempio, è possibile confrontare le priorità di utilizzo di uno spazio scolastico tra docenti, studenti e personale tecnico, rilevando eventuali conflitti o convergenze tra i gruppi. L'uso preliminare di modelli di regressione lineare consente di esplora-

re relazioni tra variabili e di verificare la coerenza delle ipotesi progettuali. In questo contesto, la regressione lineare non ha una funzione predittiva, ma esplorativa e validativa: può essere utilizzata, ad esempio, per verificare se l'importanza assegnata alla flessibilità spaziale sia statisticamente associata a specifici gruppi di utenti o a certe modalità d'uso dichiarate. In tal modo, la statistica supporta la tracciabilità delle relazioni logiche all'interno del processo.

Per chiarire l'applicazione di questo flusso, si può fare riferimento a un caso ipotetico di progettazione partecipata per un edificio scolastico di quartiere. In una prima fase, i moduli vengono utilizzati per raccogliere le istanze di docenti, studenti e genitori: orari preferiti per le attività, tipologie di spazi desiderati, accessibilità, esigenze legate alla luce naturale o alla ventilazione. Questi dati, una volta strutturati, permettono un'analisi statistica comparativa che evidenzia, ad esempio, la sovrapposizione tra l'esigenza di sale polifunzionali da parte di studenti e la richiesta di spazi flessibili da parte degli insegnanti. La regressione lineare consente di verificare che la richiesta di spazi modulabili sia significativamente associata alla frequenza di utilizzo da parte di gruppi con esigenze extracurricolari. In seguito, attraverso tecniche di clustering, l'IA organizza queste istanze in scenari aggregati che il progettista può confrontare e valutare, mantenendo il controllo critico sulle scelte.

L'intelligenza artificiale interviene in questa fase come infrastruttura di supporto alla trasformazione del dato. Attraverso operazioni di normalizzazione, clustering e sintesi, l'IA consente di gestire quantità e complessità informativa che difficilmente potrebbero essere affrontate manualmente. La sua funzione si configura come una forma di mediazione algoritmica che può assumere natura classificatoria (aggregare esigenze simili in gruppi di utenti o aree funzionali), esplorativa (individuare pattern emergenti non immediatamente rilevabili) o euristica (generare soluzioni orientative a partire da relazioni complesse tra variabili). Il suo contributo non consiste nell'individuare una

soluzione “migliore”, ma nel rendere visibili pattern, conflitti e anomalie che potrebbero sfuggire durante la fase progettuale. In questo senso, l’IA amplia il campo delle informazioni su cui il giudizio progettuale può esercitarsi, senza sostituirlo[5].

FLUSSO DEL MODELLO PROGETTUALE

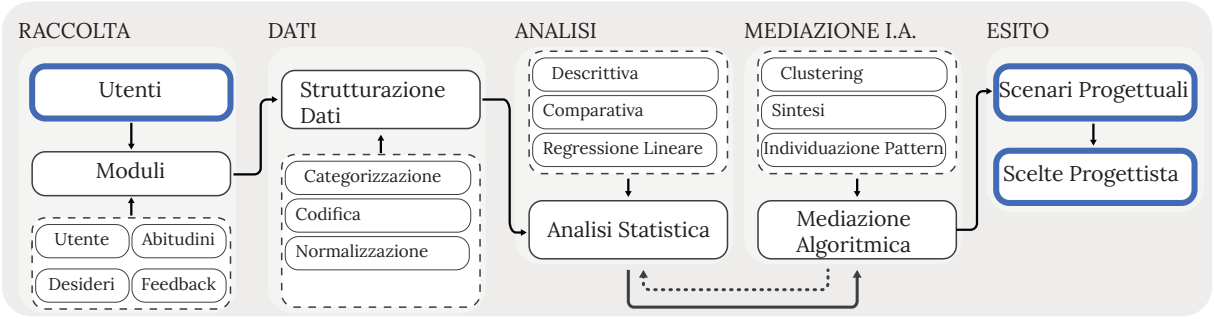


Figura 3.7
Flusso del modello progettuale

All’interno di questo quadro metodologico si collocano le sperimentazioni sviluppate da Manas Bhatia[6], che costituiscono un riferimento rilevante per l’analisi dei processi progettuali informati e generativi. I suoi lavori non mirano alla produzione automatica di soluzioni architettoniche definitive, ma all’esplorazione di sistemi generativi controllabili, nei quali la forma emerge come conseguenza di regole, vincoli e input variabili. Il progetto viene trattato come un sistema computazionale aperto, capace di produrre famiglie di soluzioni a partire da condizioni iniziali differenti.

Gli output prodotti non sono progetti conclusi, ma configurazioni alternative confrontabili, mappe di possibilità e visualizzazioni del processo decisionale. In questo assetto, la forma assume un carattere provvisorio e indicativo, mentre il valore progettuale risiede nella struttura del sistema che governa le trasformazioni. Il ruolo del progettista si sposta dalla definizione diretta dell’esito formale alla costruzione delle regole, dei criteri di valutazione e all’interpretazione degli esiti.

Queste sperimentazioni presentano limiti evidenti. In particolare, manca una integrazione strutturata degli utenti attraverso

dispositivi di raccolta e validazione del dato; il processo rimane prevalentemente esplorativo e non formalizza una metodologia replicabile; il passaggio dalla generazione alla decisione progettuale finale resta implicito. Questi limiti non rappresentano un fallimento, ma delineano lo spazio entro cui si inserisce la proposta qui sviluppata.

L'uso congiunto di moduli progettati, strumenti statistici e infrastrutture di intelligenza artificiale consente infatti di estendere e strutturare questo tipo di approccio, integrando in modo sistematico la partecipazione e rendendo esplicita la catena decisionale. In questo modello, l'IA contribuisce a costruire un quadro informativo entro cui il progettista può assumere decisioni consapevoli e responsabili[7].

Il progetto architettonico non si risolve dunque in una risposta automatica a input quantitativi, ma si configura come uno spazio decisionale strutturato, all'interno del quale il progettista esercita responsabilità critica, trasparente e tracciabile. L'obiettivo non è produrre una soluzione, ma costruire una condizione progettuale informata, negoziabile e verificabile.

1 Harari, Y. N. (2017).
2 Schön, D. A. (1983).
3 Lawson, B. (2006)
4 Latour, B. (2005).
5 Chaillou, S. (2022).
6 Bhatia, M. (2020–2023)
7 Cross, N. (2007)

Protocollo Operativo

Fase	*Azione*	*Obiettivo*	*Strumenti*
Raccolta	*Coinvolgimento Utenti*	*Individuare esigenze e prospettive d'uso*	*Moduli, interviste*
Costruzione Dati	*Formalizzazione delle risposte*	*Convertire esigenze in dati confrontabili*	*Categorizzazione, codifica*
Analisi Statistica	*Lettura e confronto*	*Identificare pattern e ricorrenze*	*Analisi descrittiva, regressione*
Mediazione Algoritmica	*Sintesi e aggregazione*	*Costruire scenari progettuali informati*	*Clustering*
Decisione Progettuale	*Interpretazione critica*	*Tradurre informazione in scelte spaziali*	*Scenari valutativi*

Tabella 2
Protocollo operativo

3.6.1 PROGETTAZIONE PARTECIPATA INTEGRATA NEL PROCESSO DECISIONALE

La progettazione partecipata occupa da tempo una posizione centrale nel dibattito architettonico come risposta critica ai limiti di un progetto percepito come autoreferenziale, tecnocratico o distante dalle pratiche d'uso reali. A partire dalla seconda metà del Novecento, numerose esperienze hanno cercato di ridefinire il rapporto tra progettista, utente e spazio costruito, attribuendo alla partecipazione un valore non soltanto etico, ma anche operativo e conoscitivo.

Se le esperienze pionieristiche di Giancarlo De Carlo hanno posto al centro la possibilità di trasformare il progetto in un processo collettivo, la fase attuale apre a una dimensione ulteriore: la progettazione partecipata informata, fondata sulla capacità di tradurre dati complessi, conoscenze tecniche e vissuti quotidiani in linguaggi accessibili e negoziabili[1]. In questa prospettiva, l'obiettivo non è semplicemente coinvolgere i cittadini, ma renderli realmente in grado di comprendere, discutere e incidere sulle scelte, attraverso strumenti capaci di mediare tra la complessità tecnica e la pluralità sociale[2].

Nonostante la diffusione di pratiche partecipative in ambito urbano e architettonico, i risultati prodotti mostrano una difficoltà ricorrente nel tradursi in trasformazioni strutturali del processo progettuale. Il limite principale non risiede nella mancanza di intenzioni inclusive, ma nell'assenza di dispositivi metodologici in grado di integrare il contributo degli utenti all'interno delle decisioni effettive del progetto.

Gran parte delle pratiche partecipative consolidate si fonda su strumenti quali assemblee pubbliche, workshop, laboratori di co-design o dispositivi narrativi di raccolta delle istanze. Questi strumenti producono esiti prevalentemente discorsivi, spesso ricchi dal punto di vista qualitativo ma difficilmente confrontabili, cumulabili o verificabili nel tempo. La partecipazione tende così a configurarsi come un evento puntuale, separato dalle fasi

in cui si assumono le decisioni progettuali determinanti. Come osservato da Henry Sanoff, in assenza di un'integrazione strutturata la partecipazione rischia di rimanere consultiva, priva di un reale impatto sui criteri che orientano il progetto[3]. La mancanza di tracciabilità tra contributi raccolti e scelte finali rende inoltre difficile comprendere in che modo le istanze degli utenti abbiano inciso sul progetto, con il risultato di una partecipazione più simbolica che operativa.

Strutturazione progettazione partecipata

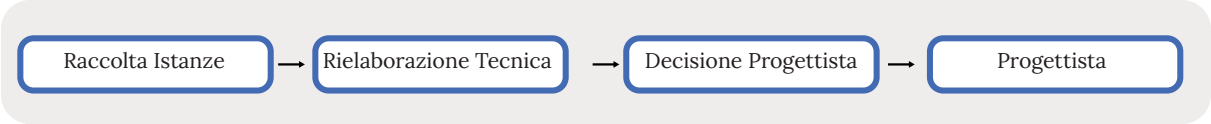


Figura 3.8
Strutturazione progettazione partecipata

La condizione contemporanea, segnata dalla digitalizzazione e dalla crescente complessità delle trasformazioni urbane, rende evidente la necessità di superare questi limiti. La progettazione partecipata informata nasce dall'intreccio tra la crescente disponibilità di dati e strumenti digitali, come BIM, GIS, intelligenza artificiale e strumenti di simulazione, e l'emergere di una domanda sociale sempre più esplicita di trasparenza e inclusione nei processi decisionali. A ciò si affianca la consapevolezza che la complessità delle trasformazioni urbane e architettoniche non possa più essere governata da un sapere tecnico isolato, ma richieda forme di costruzione condivisa delle decisioni, capaci di tenere insieme competenze specialistiche e conoscenze concrete[4].

In questo contesto, la partecipazione si colloca all'interno di un processo decisionale strutturato, capace di gestire conflitti, priorità e compromessi. Le questioni affrontate attraverso pratiche partecipative presentano frequentemente le caratteristiche dei wicked problems, definiti da obiettivi multipli, criteri non pienamente commensurabili e dall'assenza di soluzioni univoche.

La progettazione partecipata informata si configura come una proposta di riconfigurazione metodologica del processo pro-

gettuale. In questo assetto, la partecipazione opera come componente strutturale del processo decisionale, integrata fin dalle sue fasi iniziali. I contributi degli utenti incidono sulla costruzione dei criteri, delle soglie e delle priorità che orientano le scelte progettuali, agendo sul quadro decisionale entro cui le soluzioni prendono forma. La partecipazione contribuisce così a definire le condizioni operative del progetto, orientandone l'evoluzione senza intervenire direttamente sulla configurazione formale.

Questo spostamento implica una distinzione chiara tra opinione e informazione. Mentre l'opinione rimane espressione soggettiva, l'informazione viene costruita in modo da poter essere confrontata, analizzata e discussa criticamente. La partecipazione informata non chiede agli utenti di suggerire soluzioni progettuali, ma di descrivere abitudini, pratiche d'uso, necessità spaziali, conflitti d'uso e desideri. In tal modo, l'esperienza quotidiana viene trasformata in condizioni operative integrabili nel processo progettuale.

In questo assetto, i moduli progettuali svolgono un ruolo centrale come dispositivi di raccolta delle informazioni concepiti ad hoc. La loro configurazione implica scelte cognitive e progettuali che definiscono ciò che viene reso esplicito dell'esperienza, le modalità di formulazione delle domande e le priorità attraverso cui il reale viene selezionato e organizzato. Il modulo opera così come strumento attivo di costruzione del problema progettuale, contribuendo a strutturare il campo decisionale entro cui il progetto prende forma[7].

Ad esempio, in un progetto di riconfigurazione di un edificio scolastico, un modulo somministrato a studenti e insegnanti potrebbe rilevare criticità ricorrenti negli spazi di transizione (corridoi, atri, scale). I dati raccolti - *frequenze d'uso*, *descrizioni d'esperienza*, *disagi dichiarati* - possono essere analizzati statisticamente per far emergere pattern comuni. Un'analisi di re-

gressione potrebbe mostrare una correlazione tra assenza di spazi di sosta e percezione di disagio relazionale. A partire da questa evidenza, il progettista può formulare ipotesi che integrano spazi filtro o zone di interazione informale, assumendo la responsabilità di una scelta informata, ma non automatica.

Esempio sintetico (5 passaggi):

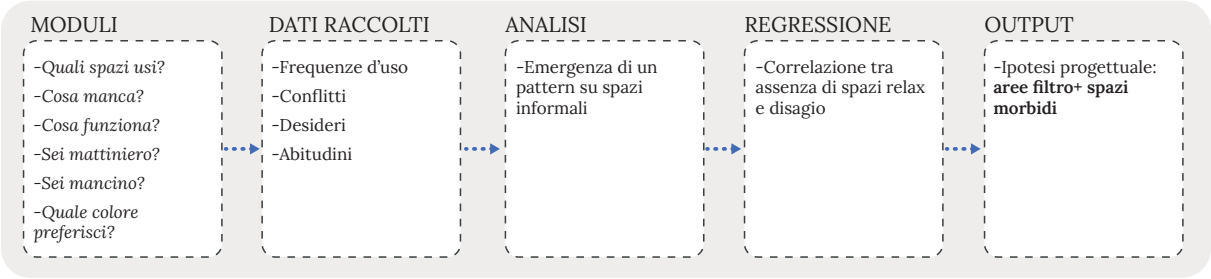


Figura 3.9
Esempio delle fasi di processo, dalla strutturazione dei moduli all'output delle inforazioni progettuali

L'uso della statistica in questo contesto ci consente di orientare e verificare il processo decisionale. A partire da dati categoriali, ordinali o frequenziali, l'analisi consente di individuare convergenze, divergenze e relazioni significative tra istanze e contesti. La regressione lineare può essere utilizzata per verificare la coerenza interna tra variabili e ipotesi progettuali, senza alcuna pretesa di automatizzare la definizione delle soluzioni.

A supporto di questo processo, l'intelligenza artificiale opera come infrastruttura euristica e classificatoria, contribuendo all'aggregazione delle informazioni, all'individuazione di anomalie e alla messa in evidenza di pattern latenti. Il suo contributo si colloca nell'ampliamento dello spazio esplorativo delle decisioni progettuali, offrendo strumenti di lettura e interpretazione della complessità informativa□. Come evidenzia Gianluca Brunetti, ogni algoritmo incorpora visioni normative e scelte implicite, rendendo centrale un impiego riflessivo e trasparente degli strumenti di IA, fondato sulla consapevolezza delle responsabilità progettuali[9].

Ciclo iterativo del processo:

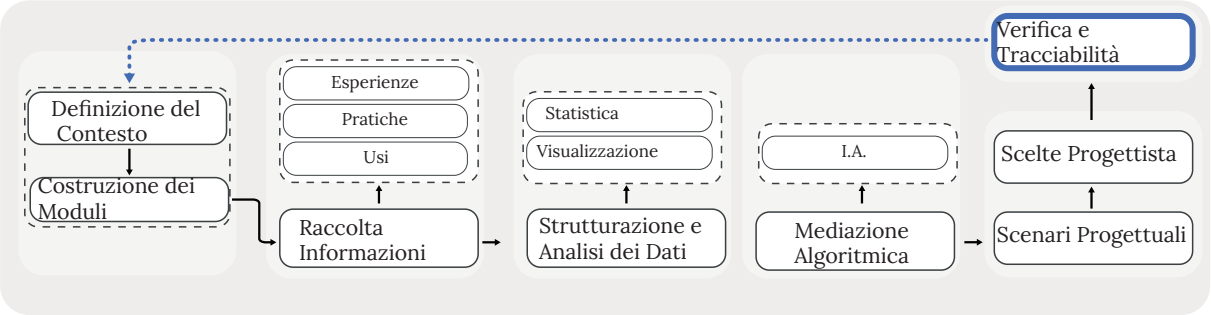


Figura 3.10
Ciclo iterativo del processo progettuale

Il progettista opera in condizioni di incertezza, costruendo progressivamente il problema attraverso un intreccio di azione e riflessione[10]. Bryan Lawson ha descritto la progettazione come un processo iterativo di formulazione e riformulazione del quadro problematico, nel quale le decisioni emergono nel corso del lavoro[11]. In questo assetto, la partecipazione informata contribuisce alla costruzione di un quadro decisionale più esplicito e consapevole, supportando il processo progettuale nella definizione di criteri, priorità e relazioni rilevanti.

La responsabilità del progettista si rafforza all'interno di un processo informato, tracciabile e argomentabile, nel quale decisioni, criteri, alternative e priorità vengono resi espliciti. In questo assetto, il progetto si fonda sulla trasparenza del processo decisionale come condizione operativa, capace di sostenere la qualità delle scelte e la loro assunzione responsabile.
Questo capitolo pone quindi le basi per un modello progettuale in cui partecipazione, informazione e responsabilità non sono elementi separati, ma parti di uno stesso processo decisionale.

---

1 Spinuzzi, C. (2005)
2 Hofmann, S. (2019)
3 Sanoff, H. (2000).
4 European Commission (2021)
5 JRC (2020)
6 Latour, B. (2005)
7 Brandt, E., Sanders, E. (2013)
8 Chaillou, S. (2022)
9 Brunetti, G. L. (2020)
10 Schön, D. A. (1983).
11 Lawson, B. (2006)
12 Rittel, H., Webber, M. (1973)

3.6.2 INTEGRAZIONE DEGLI UTENTI CON GLI STRUMENTI DIGITALI

Nella progettazione partecipata tradizionale emerge una criticità legata all'accessibilità del progetto. I linguaggi specialistici della rappresentazione architettonica – disegni tecnici, apparati normativi e modelli prestazionali – richiedono competenze specifiche che incidono sulla comprensione degli effetti spaziali, sociali ed esperienziali delle decisioni progettuali. In questo quadro, la partecipazione si sviluppa spesso su valutazioni generali o su letture parziali del progetto, limitando la costruzione di un confronto informato tra progettisti, utenti e decisori pubblici. La comunicazione assume un ruolo centrale, come parte strutturale del processo progettuale stesso. Comunicare il progetto significa costruire una mediazione tra saperi eterogenei, formati differenti e condizioni di accesso diseguali. La comunicazione è un gesto progettuale, perché definisce quali aspetti del progetto vengono evidenziati, resi negoziabili, discussi o esclusi dal dibattito pubblico[1].

La comunicazione digitale assume un ruolo centrale nel rendere il progetto comprensibile, esperibile e verificabile. Essa consente di trasformare il progetto in un oggetto interrogabile, all'interno del quale gli attori coinvolti possono esplorare le implicazioni delle scelte progettuali, confrontare scenari alternativi e valutare in modo strutturato criticità e conseguenze. In questo assetto, la comunicazione opera come dispositivo di mediazione cognitiva che rende possibile il passaggio dalla consultazione simbolica a una partecipazione fondata su informazione operativa. Questa esigenza è amplificata dalla crescente complessità dei progetti e dalla varietà degli attori coinvolti. L'ambiente urbano contemporaneo è co-abitato da soggetti con livelli di conoscenza, aspettative e pratiche profondamente differenti. La comunicazione digitale ha quindi il compito di costruire una piattaforma cognitiva condivisa, in cui utenti, tecnici e istitu-

zioni possano interagire su un terreno comune. Si tratta, di un problema di traduzione tra codici: dalla tecnicalità disciplinare alla comprensibilità d'uso.

In questa prospettiva, gli strumenti digitali operano come infrastrutture di mediazione in grado di integrare visioni e saperi differenti all'interno del processo decisionale. Realtà virtuale (VR), realtà aumentata (AR), rendering interattivi, simulazioni ambientali e gemelli digitali contribuiscono a rendere le scelte progettuali navigabili, esplorabili e criticabili prima della loro attuazione[2]. Questi dispositivi supportano la costruzione di un confronto informato, trasformando la comunicazione del progetto in uno spazio di valutazione condivisa e di verifica anticipata delle decisioni.

Ad esempio, in un progetto di rigenerazione scolastica, la possibilità per utenti diversi (docenti, studenti, personale ATA) di accedere a un ambiente virtuale simulato permette di raccogliere osservazioni non generiche, ma radicate nell'esperienza: "questo spazio è troppo buio", "non vedo l'ingresso dalla zona di attesa", "non ho uno spazio di decompressione tra corridoio e classe". Queste osservazioni non sostituiscono il progetto, ma lo arricchiscono di condizioni d'uso non immediatamente visibili nella rappresentazione bidimensionale.

Anche la forma del feedback cambia: non si tratta più solo di opinioni espresse a posteriori, ma di osservazioni fondate su esperienze simulate, potenzialmente verificabili, aggregabili e strutturabili in base a indicatori chiari. L'interazione con l'ambiente digitale genera dati: percorsi più battuti, aree ignorate, scelte ricorrenti. Queste informazioni, se trattate con attenzione metodologica, possono diventare parte integrante del quadro decisionale, contribuendo a una partecipazione effettivamente tracciabile[3].

La possibilità di lavorare su dati osservabili, critiche, esplorazioni alternative, rafforza la dimensione riflessiva della progettazione, come processo iterativo di definizione del problema. La

comunicazione digitale, in questo senso, non automatizza la scelta progettuale, ma esplicita il campo delle alternative e delle responsabilità.

Va evidenziato che questo scenario non è privo di criticità. Il rischio di una estetizzazione eccessiva della partecipazione - dove ciò che è più attraente visivamente diventa automaticamente più desiderabile - è reale[4]. Allo stesso modo, l'esclusione digitale di alcune fasce di popolazione, la scarsa alfabetizzazione tecnologica e la governance opaca dei dati raccolti pongono interrogativi importanti sulla legittimità del processo. Il digital divide non è solo tecnico, ma anche culturale e sociale.

Per evitare derive tecnosoluzioniste, è necessario che la comunicazione digitale venga sempre accompagnata da una riflessione critica sul proprio funzionamento, sui limiti degli strumenti adottati e sulle implicazioni etiche delle scelte tecniche. La trasparenza non è garantita dallo strumento, ma dalla progettazione intenzionale del processo comunicativo.

Comunicazione digitale come infrastruttura progettuale

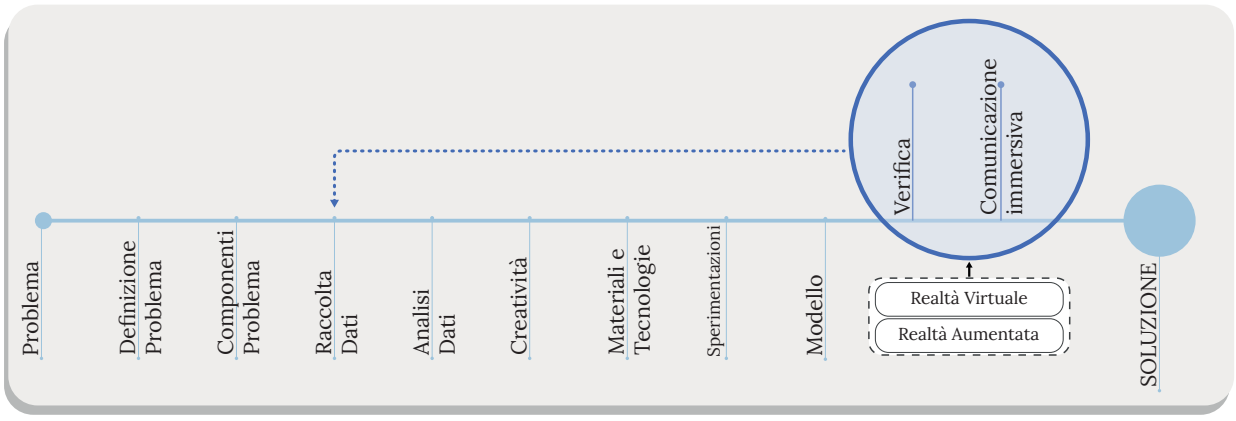


Fig. 3.11 –Comunicazione digitale come dispositivo di verifica e mediazione nel processo progettuale. Lo schema rielabora il modello metodologico proposto da Bruno Munari in Da cosa nasce cosa, reinterpretandone la sequenza operativa alla luce della progettazione architettonica contemporanea. In particolare, la fase di verifica e rappresentazione viene estesa attraverso l'introduzione di strumenti di comunicazione immersiva (realtà virtuale e realtà aumentata), intesi come infrastrutture di mediazione tra progettisti, utenti e decisori. L'integrazione di questi dispositivi consente di trasformare la fase di controllo finale in uno spazio interattivo di confronto e valutazione condivisa. *Fonte: rielaborazione dell'autore su modello di B. Munari, Da cosa nasce cosa, Laterza.*

1 Ruotolo, F. (2020)
2 Brunetti, G. L. (2020)
3 Leach, N. (2021)
4 Pallasmaa, J. (2005

3.6.2 INTEGRAZIONE DEGLI UTENTI CON GLI STRUMENTI DIGITALI

Le innovazioni della transizione digitale, finalizzate al miglioramento del processo edilizio in diverse fasi, sono oggetto di studio nel campo della ricerca. Secondo la norma UNI n.1038, il processo edilizio è "la sequenza organizzata di fasi utilizzate per l'identificazione dei bisogni degli utenti di un edificio e la loro soddisfazione attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione e la gestione del prodotto stesso. Il processo edilizio può portare ad azioni di costruzione ex novo e ad altre sul patrimonio edilizio esistente". Queste innovazioni si inseriscono all'interno del più ampio contesto della transizione digitale, come descritto anche dalle linee guida dell'Agenda Europea per l'Architettura e dalle ricerche promosse da enti come JRC – Joint Research Centre e New European Bauhaus, che vedono nei processi digitali non solo strumenti tecnici, ma leve trasformative per la trasparenza, la qualità ambientale e l'inclusività del progetto[1].

Le metodologie utilizzate nel processo di approccio partecipativo saranno analizzate e poi implementate grazie all'applicazione di strumenti digitali, con l'intento di migliorare le pratiche di dialogo tra progettisti, clienti e utenti. Il coinvolgimento degli utenti nel processo di progettazione consente loro di modellare lo spazio abitativo in base alle proprie esigenze. La qualità dell'edificio è quindi determinata dalla sua fruibilità e dal livello di relazione che si instaura tra l'utente e il progettista.

Questo approccio si pone in continuità con quanto descritto nel capitolo precedente sulla progettazione partecipata informata: la qualità non è più solo una questione estetica o funzionale, ma emerge dalla **capacità del processo di includere attivamente gli utenti** e rendere esplicite le scelte che orientano il progetto. Il modello partecipativo proposto

si differenzia dal metodo di progettazione tradizionale, in cui gli architetti creano edifici e spazi basandosi esclusivamente sulle loro conoscenze ed esperienze, senza considerare le reali esigenze di tutti gli utenti[2]. Architetti come Le Corbusier, Mies Van der Rohe e Wright realizzarono i loro progetti secondo uno stile ben definito, enfatizzando determinati canoni architettonici. Questo aspetto è descritto anche nei loro manoscritti, in cui spiegano e affermano con forza le ragioni delle loro scelte. Nella società contemporanea, dove le esigenze degli utenti sono più ampie rispetto al passato e gli stili di vita sono di conseguenza diversi, la figura "dell' edificio come opera d'arte", risulta avere sempre meno utilità. Non è sufficiente affidarsi ai processi di progettazione, basati su decisioni personali dettate dall'esperienza e dall'intuizione, per creare edifici che rispondano perfettamente allo scopo richiesto dagli utenti[3]. Negli studi di architettura, il lavoro con gli utenti deve essere visto come una fase cruciale del processo di progettazione, per ottenere risultati che riflettano i requisiti di usabilità evidenziati dagli utenti.
La possibilità di stabilire un dialogo effettivo tra progettista e utente è resa possibile solo attraverso pratiche comunicative che traducano linguaggi tecnici in forme esperibili e comprensibili. La comunicazione, dunque, non è un momento accessorio, ma una parte strutturale del processo progettuale: essa consente di costruire uno spazio decisionale condiviso in cui convergono conoscenze specialistiche e vissuti quotidiani[4].

È quindi fondamentale adottare un approccio "trasparente" e moderato che sottolinei la rilevanza dell'utente, per evitare il rischio di non tenere conto del reale interesse degli utenti. Esistono tre diversi approcci alla progettazione architettonica: - progettazione attraverso il disegno - progettazione attraverso la scienza - progettazione attraverso

la partecipazione collaborativa. Nella progettazione attraverso il disegno, gli architetti utilizzano solo le loro conoscenze ed esperienze per realizzare le direttive del progetto. In questo caso, l'architetto svolge un ruolo autoritario e richiede una fiducia totale da parte dei committenti, che non possiedono gli strumenti adeguati per valutare il progetto. Pur trattandosi di una modalità di progettazione intuitiva e sperimentale, spesso sorgono incertezze dovute al giudizio professionale del tecnico e al modo in cui ha acquisito questa capacità.
Inoltre, la comunicazione tra tecnico e utente può essere problematica, poiché l'influenza della familiarità del luogo e la resistenza inconscia al cambiamento ostacolano i processi di indagine e progettazione.

La progettazione attraverso la scienza si basa sull'acquisizione di dati e analisi spaziali per guidare pianificatori e architetti durante la fase di progettazione. In questo processo vengono introdotte nuove figure, che raccolgono e interpretano dati sull'ambiente e sul comportamento delle persone e svolgono un ruolo passivo nel processo di progettazione, contribuendo indirettamente attraverso le fasi di acquisizione dei dati. L'obiettivo è ridurre l'indice di incertezza che si crea intorno al progettista e al suo giudizio professionale. Nella progettazione collaborativa, gli utenti non sono trattati come elementi passivi o dati da analizzare, ma sono direttamente coinvolti nelle fasi di analisi. Sono invitati a esprimere le loro opinioni e le loro esperienze dirette con l'area, in modo che "l'esperienza" del progettista non sia privilegiata rispetto a quella dell'utente. Gli utenti hanno la possibilità di esprimere direttamente le loro esperienze e richieste per individuare gli aspetti chiave da includere nella fase di analisi. Sono coinvolti attivamente attraverso varie tecniche come workshop, giochi e questionari[5]. La sfida principale consiste nel comprendere accuratamente le esi-

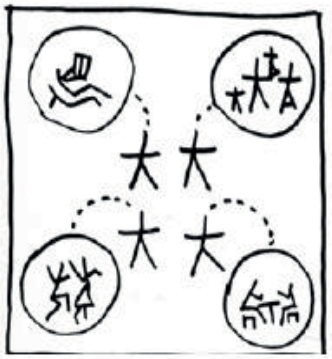
genze degli utenti e trasformarle in soluzioni che riflettano ciò di cui hanno bisogno e non ciò che vogliono.

In questa prospettiva, l'impiego di tecnologie digitali - come sistemi informativi territoriali (GIS), piattaforme BIM, strumenti per la visualizzazione simulata o per la raccolta strutturata dei feedback- non sostituisce il ruolo del progettista, ma costituisce una vera e propria infrastruttura di mediazione. Questi strumenti permettono di rendere il processo progettuale più trasparente, tracciabile e accessibile, ampliando lo spazio del confronto decisionale senza automatizzarne le scelte[6].

Protocollo Operativo

Approccio	*Ruolo del progettista*	*Ruolodell'Utente*	*Strumenti*	*Criticità*
Disegno	*Autore centralizzato*	*Passivo*	*Schizzi,esperienza*	*Mancanza di feedback, totale fiducia*
Scienza	*Razionalizzatore*	*Osservato*	*Dati, analisi spaziali*	*Distanza esperienziale Mediazione debole*
Collaborazione	*Moderatore*	*Attivo*	*Workshop,moduli, piattaforme*	*Complessità di sintesi*
Partecipazione informata	*Responsabile riflessivo*	*Interprete informato*	*Moduli strutturati,IA Vr/Ar*	*Necessità di strumenti di comunicazione adeguati*

Tabella 3.
Protocollo operativo degli attori e degli strumenti utilizzati nella fase progettuale



"Ciascuno di noi immaginava già la propria casa"
"Ma il nostro architetto non ci ha nemmeno ascoltato.
Ha studiato il comportamento della persona MEDIA"



Yona Friedman auspicava un cambiamento radicale nella visione professionale dell'architetto. Pensava che dovesse diventare "interprete" delle esigenze degli utenti. Sostenevo che questo ruolo fosse già sottinteso nel classico rapporto tra architetto e committente.

Figura 3.12
Yona Friedman 1974, my guide how city dwellers can plan their buildings and cities themselves

Secondo la professoressa Susanne Hofmann, i principi vitruviani di durata, bellezza e utilità devono essere ricercati e soddisfatti. L'utilità è intesa non solo come funzionalità, ma anche come possibilità per gli utenti di identificarsi con l'architettura. Questo concetto stabilisce alcune domande specifiche che sorgono durante il processo di progettazione.

- *Come si possono integrare in modo proficuo e analizzare in modo ottimale le molteplici conoscenze acquisite dagli utenti nella fase di analisi?*
- *Come deve avvenire la comunicazione tra utenti, committenti e architetti affinché questo processo sia produttivo e gli utenti "senza formazione professionale" siano in grado di concepire tutte le fasi del processo edilizio?*
- *Come progettare gli spazi in modo che le richieste degli utenti siano realmente soddisfatte, senza limitazioni? (considerando parametri esterni come budget e normative)*

Questa identificazione, non è automatica: richiede la costruzione di un linguaggio comune tra progettista e utente, che renda accessibili le scelte progettuali anche a chi non possiede una formazione tecnica. La comunicazione progettuale diventa quindi un atto critico, attraverso cui il progetto si rende leggibile, negoziabile e discutibile[7].

Per evitare che la partecipazione degli utenti al processo di progettazione si trasformi in un "incubo partecipativo"[8], è fondamentale definire chiaramente l'ambito, i tempi, la portata e il tipo di coinvolgimento. La questione cruciale è come l'utente possa essere coinvolto attivamente nel processo creativo senza limitare la creatività del designer, ma anzi incoraggiarla.

Il confronto con gli utenti, se ben strutturato, agisce come stimolo progettuale. Non limita l'autorialità, ma ne amplia l'orizzonte, aprendo a soluzioni che emergono dal dialogo. In questo senso, la progettazione partecipata è un esercizio di ascolto ma anche di trasformazione delle istanze in criteri progettuali operativi[9].

Il design partecipativo si configura come un processo di comunicazione intensa e articolata, orientato alla costruzione di comprensione reciproca tra gli attori coinvolti. I processi partecipativi richiedono una progettazione calibrata sulle caratteristiche del gruppo di utenti, considerando l'età, lo status sociale, il background culturale, la dimensione del gruppo, le risorse disponibili e l'orizzonte temporale dell'intervento. In questo quadro, l'efficacia della partecipazione dipende dalla capacità di ancorare le pratiche agli interessi, alle esperienze e alle situazioni concrete dei partecipanti[10].

Il ruolo dell'architetto è quello di facilitare la capacità della comunità di prendere decisioni su aspetti del proprio ambiente attraverso un processo facilmente comprensibile e, di conseguenza, di trovare metodi di partecipazione adeguati e appropriati agli obiettivi. Il modo in cui gli utenti vengono interrogati sui loro desideri gioca un ruolo crucia-

le. Se l'approccio fosse troppo diretto, le risposte potrebbero limitarsi a descrivere l'ambiente familiare o a ricordare soluzioni spesso non accessibili. Gli utenti tendono a orientarsi verso ciò che già conoscono, per cui è essenziale sensibilizzarli inizialmente e ampliare la loro percezione per stimolare la loro immaginazione. L'obiettivo è incoraggiarli a sviluppare idee che vadano oltre il loro mondo di esperienza quotidiana[11]. Per raggiungere obiettivi chiari e rispondere in modo esauriente alle diverse esigenze degli utenti, è essenziale adottare un alto livello di chiarezza e precisione nella definizione dei requisiti; inoltre, creare metodologie di comunicazione efficaci per connettere tutti gli attori coinvolti, utilizzando diversi linguaggi come la scrittura, il disegno, il dialogo, i modelli, le narrazioni e le visualizzazioni immersive. Una volta definiti e acquisiti questi input, diventa fondamentale trasformarli in dati statistici comprensibili e utili.

Questi dati possono essere elaborati con sistemi multimediali e di intelligenza artificiale, che svolgono un ruolo essenziale nella fase successiva. L'elaborazione da parte di questi sistemi non solo consente di organizzare e analizzare in modo efficiente le informazioni raccolte, ma offre anche un importante supporto all'architetto durante l'intero processo di costruzione. Questo approccio integrato, che va dalla prima comunicazione attraverso varie modalità all'uso di tecnologie avanzate per l'elaborazione dei dati, favorisce una progettazione più consapevole e centrata sulle reali esigenze degli utenti. La sinergia tra la competenza umana nella definizione dei requisiti dell'utente e l'intervento di tecnologie intelligenti nell'elaborazione dei dati contribuisce a ottimizzare il processo di costruzione, garantendo un maggiore raggiungimento degli obiettivi. Per snellire la comunicazione e la gestione dei dati, i processi sono suddivisi in fasi di lavoro, promuovendo un coinvolgimento inclusivo e una solida raccolta di feedback, consentendo inoltre l'a-

pertura ad ulteriori membri o di applicare modifiche ai parametri decisionali in maniera immediata. Affinché questo processo sia effettivamente inclusivo, è necessario interrogarsi anche sulle condizioni di accesso alle tecnologie utilizzate. Il digital divide può costituire un ostacolo significativo, rischiando di escludere proprio le fasce più vulnerabili. La progettazione dei processi comunicativi deve quindi tenere conto delle infrastrutture materiali e delle capacità digitali disponibili all'interno delle comunità coinvolte.

Il flusso di lavoro comprende quattro fasi:

- **Prima fase:** Vengono somministrati questionari agli utenti per raccogliere feedback sui loro desideri, esigenze e routine quotidiane.
- **Seconda fase:** Le informazioni raccolte nella prima fase vengono organizzate e analizzate.
- **Terza fase:** Implementazione di un modello *open-source*.
- **Quarta fase**: Condivisione del progetto e comunicazione con gli utenti.

1 European Commission(2021)
2 Hoffman S (2014)
3 Del Campo M (2022)
4 Joint Research Centre – JRC (2020)
5 Lawson B.(2005)
6 Leach, N.(2021)
7 Norman, D.A. (2002)
8 Missen M.,(2012)
9 Hofmann, S(2019)
10 Sanoff H.,(2000)
11 Doorst K.(2010)

Fase 1:

La prima fase prevede la comprensione e l'apprendimento dei dati per la realizzazione di un modello, compilato attraverso questionari personalizzati che rispondono a obiettivi specifici. Queste domande, suddivise in moduli, sono fondamentali nei processi decisionali, con l'obiettivo di generare ipotesi e soluzioni realizzative allineate alle scelte degli utenti. La struttura modulare dei questionari consente di disaggregare le preferenze in categorie analitiche (funzionali, percettive, relazionali) e di trasformarle in set informativi confrontabili. Questo processo è fondamentale per rendere la conoscenza dell'utente traducibile in criteri progettuali. E' necessario formulare quesiti che colmino le lacune in fase decisionale e consentono di porre le basi per un quadro teorico completo che serva come schema di analisi per la realizzazione di modelli edilizi consoni con le scelte degli utenti. Il modulo di metodo (analisi dell'utente) comprende la raccolta delle conoscenze dell'utente per facilitare la comunicazione con gli architetti, tracciando i dati personali, la composizione della famiglia, le abitudini e gli stili di vita[11].
In un contesto socio-economico differente da quello passato, si sono evolute nuove tipologie di strutture famigliari, derivati da cambiamenti nei sistemi culturali e valoriali, come le famiglie arcobaleno (famiglie formate da genitori dello stesso sesso) e le stepfamilies (famiglie ricostruite, composte da nuovi nuclei "allargati"), insieme all'immigrazione straniera, contribuiscono a ridurre e frammentare le dimensioni delle famiglie, oltre ad aumentare le convivenze e le nascite non matrimoniali[12].
Questa crescente complessità richiede strumenti di rilevazione flessibili e inclusivi, capaci di rappresentare anche forme di vita non standardizzate. L'architettura deve quindi attrezzarsi per leggere e accogliere configurazioni familiari che non rientrano più nella norma statistica. Il modulo sulla vita quotidiana consiste nel documentare la routine quoti-

diana degli utenti e analizzarne le abitudini, consente di conoscere dettagli più specifici e affidabili delle loro preferenze, ampliando così la conoscenza del progettista.
Il modulo di ricerca dei desideri indica, da parte dell'utente, quelli che sono i desideri o i bisogni che possono essere utilizzati nelle prime fasi di concepimento del modello e come base di partenza per analizzarne i feedback.
L'obiettivo consiste nel conoscere in maniera specifica quelle che sono le richieste degli utenti riguardo al loro ambiente di vita futuro. Questo modulo consente all'architetto di non basarsi su un "utenza tipo", ma cercare di combinare tutte le possibili richieste evidenziate. Il modulo dei feedback garantisce la coerenza del progetto con le esigenze e i bisogni degli utenti.
Inoltre vengono integrati anche pareri da parte di individui esterni al progetto (potenziali nuovi utenti, vicini, fruitori, ecc..).



Figura 3.13
SKILLS UTENTI: i risultati dei moduli vengono trasformati in dati statistici, in modo da riuscire ad osservare le preferenze di ciascun utente e poterle utilizzare nella fase di ideazione di un progetto architettonico

11 Doorst K.(2010)
12 Rivista delle politiche sociali,Italian Journal of Social Policy, (2019)

Fase 2:
L'obiettivo di questa fase è quello di esaminare ed elaborare le richieste e i dati generati dagli utenti, trasformandoli in dati statistici utili per la realizzazione di un modello di edificio che si allinei ai parametri identificati.

"*L'architettura non è una pratica indipendente e isolata; comprende principalmente idee piuttosto che semplici elementi fisici ed è influenzata da numerosi fattori esterni. Non comprende solo edifici e infrastrutture tecnologiche, ma anche lo scambio di idee, concetti e comunicazione. La progettazione urbana ha il potenziale per regolare il comportamento, il benessere e le percezioni cognitive degli utenti. Una questione significativa nella progettazione architettonica ruota attorno all'approccio al progetto, spesso caratterizzato da ipotesi piuttosto che guidato dalla conoscenza.*"[13]

Convertendo le richieste in dati statistici, diventa possibile gestire grandi volumi di parametri di input, trasmetterli al software e generare varie forme e configurazioni, producendo così soluzioni in linea con i requisiti degli utenti.
La conversione delle decisioni umane in parametri consente di discretizzare il processo di progettazione. La modellazione statistica si concentra sulla comprensione e sulla modellazione di un fenomeno specifico. A differenza dell'approccio descrittivo, la modellazione statistica si basa su osservazioni ripetute di un dato fenomeno (le competenze dell'utente), esaminando più eventi per identificare le caratteristiche comuni. La statistica eccelle nella gestione delle osservazioni, fondamentale per affrontare fenomeni complessi che non possono essere compresi appieno con un approccio descrittivo. Nel campo dell'intelligenza artificiale, l'apprendimento statistico è indispensabile quando ci si trova di fronte a fenomeni sfaccettati che vanno oltre la portata dell'analisi descrittiva. In sostanza, la modellazione

statistica è uno strumento fondamentale per la comprensione completa di fenomeni complessi.

Questa metodologia facilita la generazione di diverse opzioni basate su parametri definiti per ogni decisione, trasformando le competenze degli utenti in regole decisionali per la realizzazione del modello costruttivo. Questo concetto sottolinea che non esiste un unico risultato per un processo di progettazione, ma piuttosto una moltitudine di risultati. I parametri agiscono come modulatori per gestire e adattare la complessità delle opzioni emergenti durante la fase di progettazione. Questo tipo di approccio si avvicina a una logica euristica: non cerca la "migliore" soluzione in astratto, ma esplora una varietà di configurazioni plausibili, ognuna con punti di forza e limiti. L'uso dell'IA in questa fase non automatizza la scelta, ma la amplia, offrendo al progettista un ventaglio informato di alternative[14]. Il ruolo dell'architetto è quello di bilanciare questi parametri e cercare la soluzione ottimale per soddisfare le esigenze degli utenti.
L'uso dell'intelligenza artificiale e dei sistemi di apprendimento automatico offrono la possibilità di esplorare soluzioni alternative o insiemi di soluzioni per integrare le scelte dell'architetto di fronte a numerose variabili.[15]

13 Lang J.(1987)
14 Leach, N(2021)
15 Chaillou S.(2023)

Fase 3:

Questa fase mira principalmente a generare modelli abitativi basati sulle informazioni compilate dagli utenti, utilizzando sistemi che sfruttano l'intelligenza artificiale. L'integrazione dell'intelligenza artificiale nelle fasi del processo edilizio sta ridefinendo il modo in cui concepiamo, progettiamo e gestiamo gli spazi edificati. Dalle simulazioni avanzate alla progettazione generativa, l'IA sta inaugurando una nuova era di innovazione architettonica. Sebbene siano stati compiuti progressi significativi, la continua evoluzione di questa tecnologia porterà a ulteriori sviluppi rivoluzionari, trasformando l'architettura in una disciplina sempre più intelligente, sostenibile e adattabile alle esigenze della società moderna.

La premessa dell'utilizzo dell'IA nei processi di progettazione risiede nella parziale indipendenza della macchina nello sviluppo della comprensione di un problema e nella "gestione" della complessità degli esempi forniti. Piuttosto che impiegare un modello deterministico con un numero fisso di parametri e regole, nella "fase di apprendimento" l'IA ricava parametri intermedi da vasti dati e istruzioni imposte dall'utente. Successivamente, nella fase di "intuizione" (creativa), genera soluzioni interpolando i riferimenti storici e i parametri precedentemente imposti per trovare soluzioni effettive derivanti dall'esperienza e dalle limitazioni. Una serie di classificatori basati sull'apprendimento automatico può cercare suggerimenti pertinenti e proporre opzioni di progettazione alternative, simili o complementari. [16]

16 Zheng, H., & Huang, W.(2018)

Fase 4:

L'utilizzo di sistemi di visualizzazione immersiva come la realtà virtuale e la realtà aumentata consentono all'architetto di acquisire una "conoscenza socialmente valida" delle richieste degli utenti sugli spazi da costruire o modificare ed ottimizzare la fase di comunicazione e di verifica. Queste forme di partecipazione facilitano lo scambio di informazioni tra gli architetti (esperti nella creazione di spazi) e gli utenti (esperti nell'utilizzo degli spazi). Questo sistema di visualizzazione consente agli utenti di contribuire e partecipare efficacemente alle fasi di progettazione e revisione, permettendo loro di comprendere il progetto architettonico e di confermarne l'allineamento con le loro esigenze. Un sistema di realtà virtuale immersiva può fornire all'osservatore un modello in scala reale che trasmette tutte le informazioni progettuali correlate, consentendo una migliore percezione dello spazio progettato attraverso scelte collettive concordate con l'architetto, evitando così aspettative deludenti e vincoli imprevisti.[17] Questa possibilità esperienziale riduce drasticamente l'asimmetria informativa. Il progetto non viene più raccontato, ma vissuto. La realtà virtuale assume così un valore etico oltre che tecnico: diventa uno strumento di giustizia informativa. I sistemi di realtà virtuale possono offrire anteprime sia della fase di progettazione che di quella di costruzione. A causa delle diverse applicazioni, è essenziale concentrarsi su uno specifico gruppo di utenti e pianificare i modelli di utilizzo di conseguenza. Mentre gli utenti non professionisti possono beneficiare maggiormente di rappresentazioni e percorsi realistici, gli utenti professionisti possono desiderare maggiori dettagli tecnici in un ambiente virtuale. Pertanto, è vantaggioso dividere i gruppi di utenti in "utenti dell'ambiente costruito" e "professionisti dell'ambiente costruito" e ottimizzare il livello di dettaglio e le informazioni presentate nell'ambiente virtuale. I professionisti dell'ambiente costruito possono condurre varie

simulazioni e testare l'efficacia delle decisioni progettuali, dalla scelta dei materiali all'orientamento dei luoghi. Possono ottimizzare il processo di progettazione prima della fase di costruzione vera e propria, riducendo i costi potenziali e l'insoddisfazione dopo l'occupazione dell'edificio costruito. Questa fase mira a migliorare la comprensione del progetto da parte degli utenti, ad aiutarli a individuare le loro attività nella nuova costruzione e ad aumentare il loro coinvolgimento nella comunicazione con i progettisti e nella valutazione del progetto, in particolare per quanto riguarda la configurazione spaziale, e a raccogliere il loro feedback. [18]

L'esame del progetto si concentrerà su due fattori:

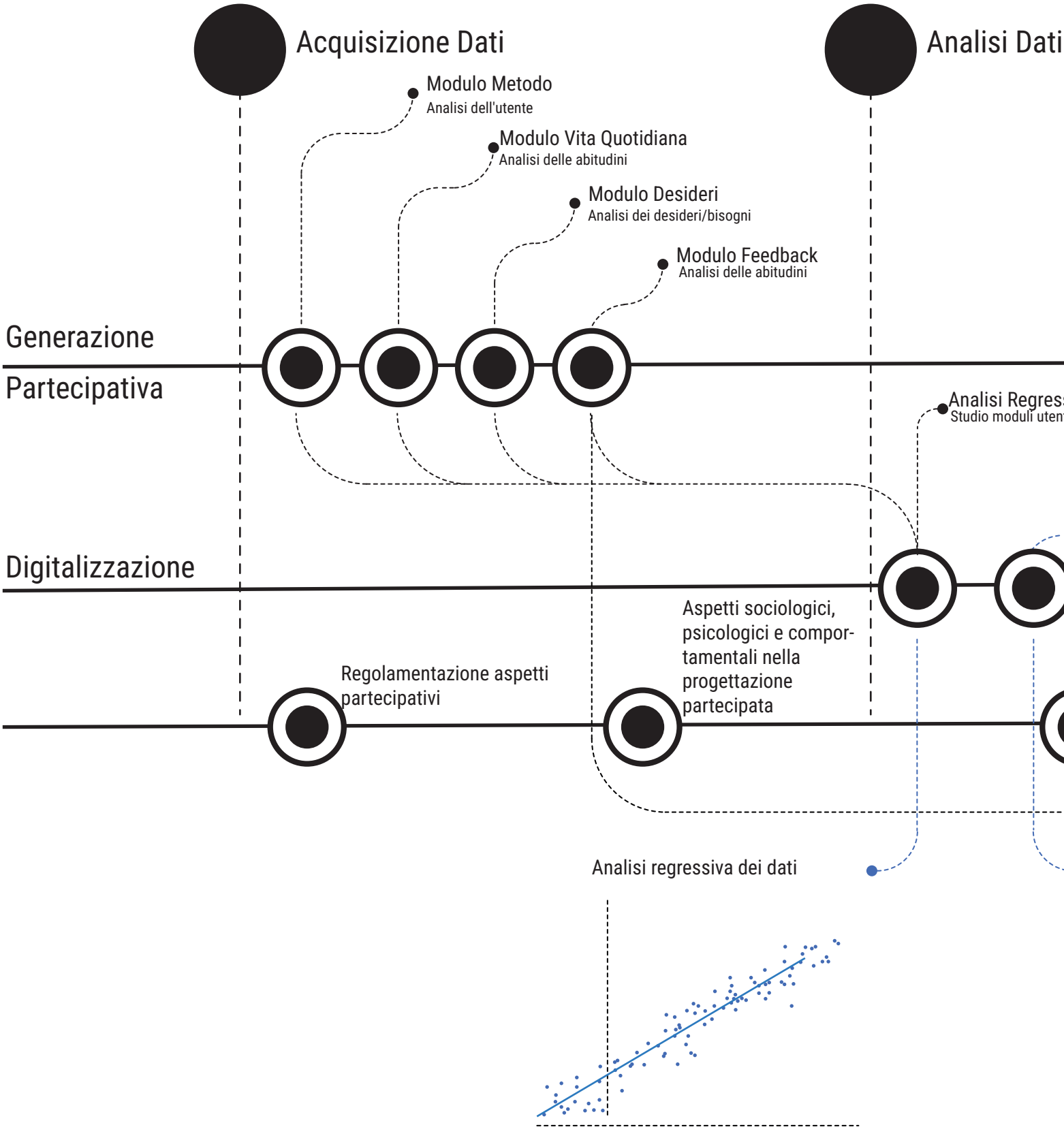
1. La revisione della VR
2. La partecipazione delle parti interessate, in particolare degli utenti finali. Poiché il contenuto VR creato sarà completamente immersivo, offrirà agli utenti finali una percezione spaziale completa degli spazi, della disposizione degli interni e degli arredi.

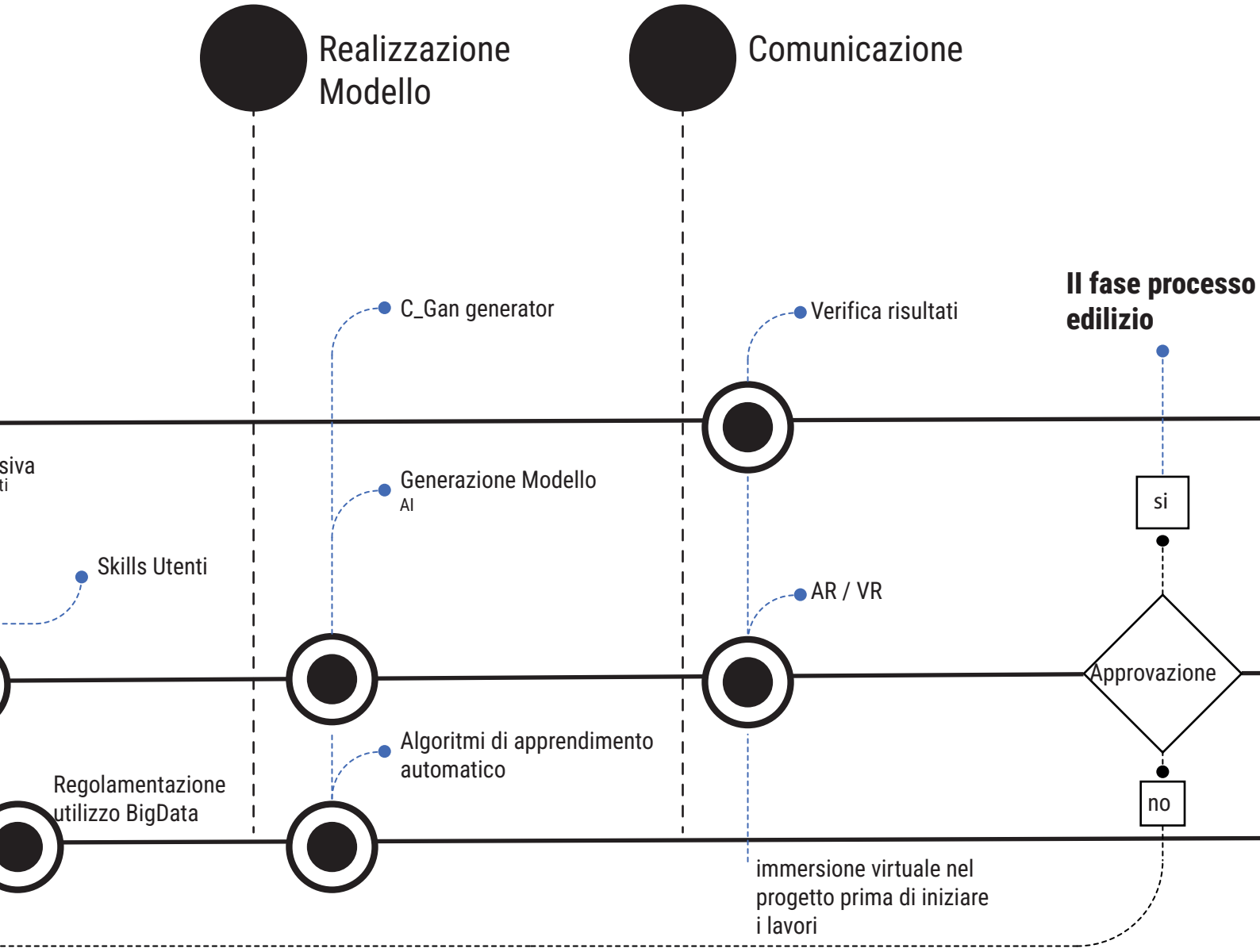
Questa esperienza di visualizzazione consente agli utenti di "vivere" all'interno dello spazio prima che venga costruito, facilitando la comprensione e la valutazione del suo design. Il modello di realtà virtuale può essere perfezionato
o adattato in base ai parametri delle variabili individuate nella prima fase. Se gli utenti individuano inadeguatezze o incontrano elementi incongruenti con le loro scelte, questi possono essere rivisti, registrati nel modulo di feedback e successivamente rivisti. Ad esempio, se gli utenti desiderano controllare il layout di una nuova sezione dell'edificio e non sono soddisfatti della soluzione, la nuova proposta verrà evidenziata, registrata in un nuovo modulo di feedback, ripresentata e le sue valutazioni registrate. Le valutazioni degli utenti saranno interpretate per le decisioni finali nella fase di progettazione, rendendoli "partecipi" dell'intero processo di progettazione. Di conseguenza, la revisione at-

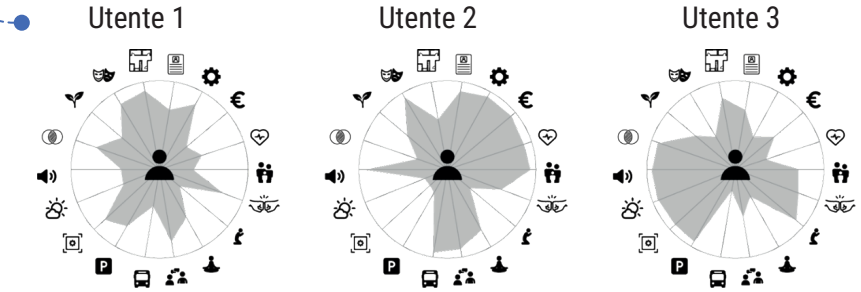
traverso la realtà virtuale può mitigare la possibilità di insoddisfazione degli utenti nei confronti del prodotto finale. Le quattro fasi delineate non costituiscono una sequenza lineare ma un processo iterativo. Le valutazioni raccolte nella fase 4 alimentano la revisione dei moduli iniziali, chiudendo il ciclo e rendendo il sistema adattivo. Il modello diventa così un ambiente aperto, in cui la comunicazione digitale, la statistica e l'immersione sensoriale collaborano alla costruzione di uno spazio condiviso.

17 Paes, D., Arantes, E. & Irizarry, J.(2017)
18 Whyte, J. & Nikolić , D., (2018)

Diagramma di flusso organizzativo:
Progettazione







I risultati dei moduli vengono trasformati in dati statistici, in modo da riuscire ad osservare le preferenze di ciascun utente e poterle utilizzare nella fase di ideazione di un progetto architettonico.

3.6.4 ARCHITETTURA OPERATIVA DEL MODELLO PROGETTUALE

La struttura operativa del modello progettuale qui descritto si fonda sull'integrazione iterativa tra intelligenza naturale e strumenti digitali avanzati, con l'obiettivo di abilitare forme di partecipazione informata e decisione distribuita, mantenendo al tempo stesso la responsabilità progettuale esplicita[1]. Questo processo si articola secondo una sequenza logica che va dalla raccolta di dati fino alla restituzione immersiva, passando per l'elaborazione semantica e la generazione di scenari di progetto[2]. In una prima fase, agli utenti viene fornita un'interfaccia digitale, modulare e adattabile, per la compilazione di questionari strutturati. Questi strumenti, suddivisi per ambiti tematici (privacy, accessibilità, luce naturale, relazioni di prossimità, desideri, ecc.), non si limitano a raccogliere preferenze esplicite, ma puntano a far emergere strutture latenti di uso e valore[3]. Le risposte vengono convertite automaticamente in parametri testuali e semantici, che alimentano un corpus iniziale da cui far derivare pattern ricorrenti e divergenze progettuali[4].

A differenza di un approccio deterministico, che trasformerebbe queste informazioni in soluzioni univoche, il sistema genera scenari multipli: visivi, simulativi e concettuali, che non propongono la sintesi di un consenso, ma la pluralità delle tensioni in campo[5]. L'ambiente digitale funge così da spazio di rappresentazione della divergenza, anziché da motore di standardizzazione. In questa logica, il progetto non cerca di eliminare il conflitto tra visioni, ma di renderlo intelligibile e negoziabile[6].
Il modello opera dunque come una piattaforma. I dati raccolti sono elaborati attraverso tecniche di clustering semantico, codifica tematica e costruzione di relazioni logiche tra categorie[7]. L'output generato consiste in ipotesi spaziali visualizzabili tramite strumenti di prototipazione immersiva, che consentono agli utenti di "vedere" il proprio contributo tradotto in

forma[8]. La visualizzazione ha in questo senso una funzione conoscitiva, non solo comunicativa: permette di abitare scenari ancora ipotetici e verificarne coerenza e implicazioni.

Il progetto non è generato dall'IA, ma è interrogato da essa. L'intelligenza artificiale, in questo quadro, assume il ruolo di interprete e amplificatore dell'intelligenza collettiva[9]: aiuta a codificare le dinamiche d'uso, a identificare configurazioni spaziali ricorrenti, a suggerire soluzioni alternative e a confrontare le prestazioni delle diverse ipotesi progettuali[10]. Il sistema è in grado di restituire feedback ragionati su simulazioni d'uso e dinamiche di flusso, offrendo al progettista uno strumento di supporto decisionale in grado di esplicitare i trade-off tra opzioni diverse[11].
Questa architettura operativa non è finalizzata a sostituire il progettista, né a "ottimizzare" il progetto secondo metriche predefinite. Al contrario, mira a rafforzare la qualità riflessiva del processo, aumentando la trasparenza e l'argomentabilità delle scelte. L'integrazione tra simulazioni dinamiche e sistemi di feedback interattivi consente un ciclo continuo di verifica, modifica e ri-proposta: un processo decisionale adattivo e iterativo, in cui il ruolo dell'utente è quello di co-interprete e quello del progettista è quello di mediatore tra bisogni, vincoli e possibilità spaziali.
La metodologia descritta costruisce un campo operativo in cui la partecipazione è resa concreta tramite dispositivi progettuali che traducono i desideri in parametri, i parametri in scenari, gli scenari in esperienze, e le esperienze in scelte.

1 Leach, N. (2021).
2 Brunetti. (2023).
3 Bhatia, M. (2023).
4 Hofmann. (2025).
5 Lawson, B. (2005).
6 Ruotolo. (2021).
7 Techne Special Series. (2021).
8 Virtual Reality as a Tool for Participatory Architectural Design. (2021).
9 Leach, N. (2021).
10 Bhatia. (2023).

ANALISI DATI

3.7 ANALISI DEI DATI NELLA PROGETTAZIONE PARTECIPATA E SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Nei processi contemporanei di progettazione architettonica e urbana, l'analisi dei dati assume una funzione strutturale, in particolare nei contesti fondati su pratiche di partecipazione e co-design. I dati raccolti, elaborati e restituiti incidono sulla qualità dell'interazione tra progettisti, istituzioni e cittadini, orientando decisioni e configurazioni spaziali. Essi operano come dispositivo di mediazione cognitiva all'interno del processo. L'attenzione alle modalità con cui le persone percepiscono, interpretano e utilizzano lo spazio si collega alla riflessione sull'interazione tra individuo e oggetto, descritta attraverso concetti quali modelli mentali, visibilità e feedback[1]. Storicamente, la progettazione partecipata ha privilegiato metodi qualitativi quali interviste, workshop, focus group e osservazioni dirette, strumenti orientati alla rilevazione di percezioni, desideri e pratiche quotidiane[2]. Questi approcci considerano l'abitare come fenomeno articolato, comprensivo di dimensioni esperienziali e affettive. Susanne Hofmann descrive l'architettura partecipata come pratica che integra bisogni funzionali, storie di vita e saperi locali nel processo progettuale[3]. In questa prospettiva si collocano anche i design games, intesi come dispositivi che utilizzano strumenti ludici e creativi per tradurre contributi eterogenei in linguaggi condivisi[4].

La crescente complessità delle trasformazioni urbane ha imposto un ampliamento dei metodi. Alle pratiche analogiche tradizionali si sono affiancati strumenti digitali in grado di gestire e comparare grandi quantità di dati. L'aumento della disponibilità di dati e della capacità di elaborazione computazionale consente l'introduzione di metodi di analisi automatizzata, tra cui tecniche di machine learning e sistemi di supporto decisionale basati su intelligenza artificiale. Non è più sufficiente raccogliere opinioni qualitative: i progettisti si confrontano

con dataset strutturati che includono questionari, mappe di percezione, indagini ambientali, rilevazioni sull'uso degli spazi. La sfida consiste nel trasformare questa molteplicità in conoscenza progettuale senza cadere nel riduzionismo numerico[5].

Il progettista opera come professionista riflessivo, chiamato a interpretare situazioni ambigue e non determinate[6]. In questo quadro, i dati ampliano il campo del giudizio critico, offrendo scenari più articolati e trasparenti. I dati sono inoltre intesi come costruzioni sociali, generate all'interno di pratiche, strumenti e sistemi di valori condivisi[7].
Questo aspetto, che sarà affrontato più in dettaglio nei capitoli successivi dedicati all'intelligenza artificiale e ai big data, merita qui di essere richiamato come avvertenza metodologica di fondo.

Nell'ambito della progettazione partecipata, l'analisi dei dati svolge la funzione di tradurre contributi individuali in configurazioni collettive comprensibili e negoziabili. Blomkamp, riflettendo sul co-design in ambito politico, richiama la necessità di strutturare processi capaci di trasformare gli input raccolti in significati condivisi attraverso l'interpretazione dei dati[8]. In architettura, il dato partecipativo assume così la funzione di piattaforma di dialogo, orientata alla restituzione delle informazioni in forme leggibili e utili alla comunità.
Un aspetto metodologicamente rilevante riguarda il passaggio dai dati individuali alla loro sistematizzazione. Le risposte ottenute da questionari o workshop devono essere aggregate, comparate, verificate. In assenza di un processo di sistematizzazione, la partecipazione rischia di produrre una molteplicità di contributi difficilmente traducibili in scelte progettuali operative. Qui entra in gioco la necessità di strumenti di validazione statistica, come l'alfa di Cronbach, che misura la coerenza interna di un set di domande. Pur non potendo fornire una verità assoluta, soprattutto in ambiti qualitativi come l'archi-

tettura, questi strumenti contribuiscono a garantire che i dati raccolti abbiano una struttura logica e non casuale.

L'utilità dell'analisi dati va quindi colta nella sua duplice natura: da un lato consente di dare voce a una pluralità di soggetti, dall'altro offre un metodo per organizzare queste voci in una visione progettuale coerente. I limiti, emergono quando i dati vengono assunti come risultato finale, e non come materiale da interpretare. In questo caso il rischio è ridurre la complessità del vissuto a parametri standardizzati, perdendo la ricchezza che la partecipazione intendeva valorizzare.
Nella progettazione partecipata, i dati assumono la funzione di strumenti per la costruzione di consapevolezza collettiva. Il loro valore consiste nella capacità di connettere l'esperienza individuale ai processi decisionali condivisi, configurando l'architettura come pratica negoziale e riflessiva. L'analisi costituisce una fase del processo in cui si integrano conoscenze tecniche, interpretazione critica e responsabilità istituzionale. Questa cornice apre la strada a un'analisi più approfondita dei singoli strumenti, come costruire strumenti adeguati per la raccolta dei dati, e in particolare, come strutturare questionari e moduli di raccolta dati capaci di cogliere desideri, routine e immaginari degli utenti, e al tempo stesso produrre informazioni interpretabili all'interno di un processo progettuale, senza ridurli a semplici statistiche.
nari, gli scenari in esperienze, e le esperienze in scelte.

1 Sanders E.B.N., Stappers P.J.(2008)
2 Batty M., (2013).
3 Michener W.K. et al.(2012)
4 Boyd D., Crawford K.,(2012)
5 Domingos P.(2015)
6 Barocas S., Hardt M., Narayanan A.,(2019)
7 Tukey J., (1977)

3.7.1 RUOLO DEI DATI NELLA PROGETTAZIONE PARTECIPATA

L'integrazione dei dati generati dagli utenti nei processi di progettazione architettonica e urbana introduce una modifica nell'approccio progettuale, incidendo sulle modalità di costruzione delle decisioni. Le informazioni raccolte attraverso pratiche partecipative, dai metodi analogici agli strumenti digitali, assumono la funzione di tradurre desideri, necessità e abitudini quotidiane in conoscenze operative per il progetto[1]. L'architettura si configura così come ambito di confronto nel quale i contributi collettivi vengono organizzati e restituiti attraverso processi strutturati di raccolta e gestione dell'informazione.

I primi esperimenti di progettazione partecipata hanno fatto ricorso a strumenti qualitativi quali interviste, focus group, workshop e osservazioni dirette[2]. Queste pratiche hanno consentito di rilevare percezioni ed esperienze degli abitanti, evidenziando come l'abitare comprenda dimensioni legate a memorie, valori e aspettative oltre ai parametri tecnici. In questa impostazione, l'architettura partecipata integra storie individuali e saperi locali come componenti del processo progettuale[3].

Con l'aumento della complessità urbana e sociale, i metodi qualitativi si sono affiancati a strumenti più strutturati e quantitativi: questionari, mappature percettive, rilevazioni ambientali e piattaforme digitali hanno reso possibile raccogliere e confrontare grandi quantità di informazioni. La disponibilità di dataset strutturati e di strumenti computazionali consente di realizzare nuove forme di analisi automatizzata dei dati, tra cui tecniche di machine learning e sistemi di supporto decisionale basati su intelligenza artificiale.

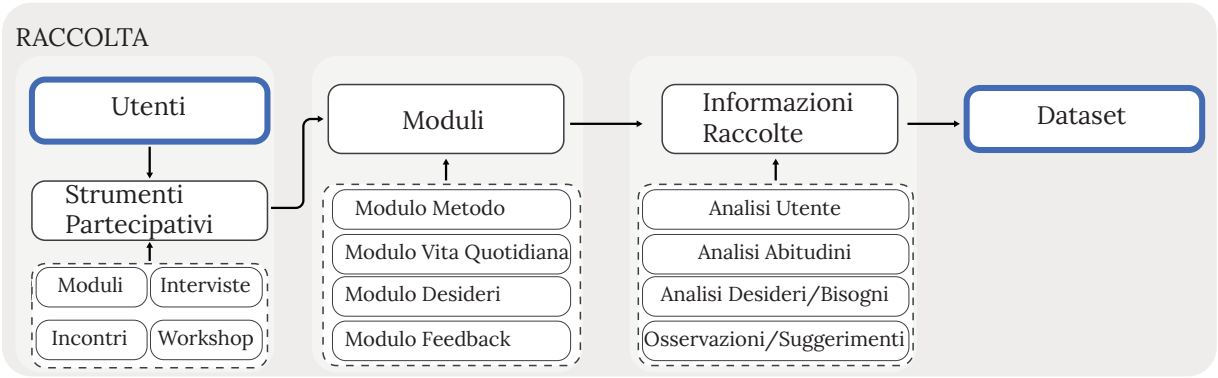


Figura 3.14
Trasformazione delle informazioni raccolte nei processi partecipativi in dati strutturati utilizzabili nel processo progettuale.

Il problema non è soltanto ascoltare, ma interpretare: il compito del progettista diventa quello di trasformare i dati in conoscenza progettuale senza cadere nel riduzionismo numerico. La triangolazione tra approcci qualitativi e quantitativi consente di integrare prospettive differenti senza annullarne la complessità[5].

Il ruolo del progettista assume una configurazione diversa, diventa responsabile dell'organizzazione e interpretazione dei dati prodotti dal processo, orientata a una pratica riflessiva capace di operare tra scenari incerti e interpretazioni plurali[6]. La raccolta dei dati amplia il campo del giudizio critico, offrendo scenari articolati sui quali esercitare capacità di mediazione. La qualità degli strumenti di raccolta, incluse le interfacce, la chiarezza delle domande e i meccanismi di feedback, incide sull'affidabilità delle informazioni prodotte[7]. I dati costituiscono esiti di pratiche, metodi e finalità specifiche e richiedono pertanto un'interpretazione consapevole[8].

Tabella 4.
Classificazione delle informazioni raccolte nei processi partecipativi in relazione ai metodi di rilevazione e alle tipologie di dati utilizzabili per l'analisi.

Tipologia di Dato	*Metodo di Raccolta*	*Tipologia di Dato*
Analisi Utente	*Questionari*	*Testuale*
Analisi Abitudini	*Questionari*	*Testuale*
Analisi Desideri/Bisogni	*Questionari*	*Categoriale*
Preferenze Spaziali	*Questionari*	*Categoriale*
Percezione Ambienti	*Scale di valutazione*	*Numerale*
Osservazioni/Suggerimenti	*Domande aperte*	*Qualitative*

Il valore dei dati partecipativi consiste nella capacità di trasformare contributi individuali in configurazioni collettive leggibili e negoziabili. Il processo si fonda sulla costruzione di significati condivisi attraverso pratiche di interpretazione, organizzazione e restituzione delle informazioni[9]. La progettazione partecipata si configura come ambito di mediazione nel quale i dati collegano l'esperienza individuale ai processi decisionali collettivi, contribuendo alla definizione delle scelte progettuali.

I limiti emergono quando i dati vengono assunti come esiti definitivi e oggettivi: un approccio che rischia di ridurre la complessità sociale a standard numerici, annullando la ricchezza che la partecipazione intende valorizzare. È necessario, invece, trattare il dato come materiale dinamico, che richiede al progettista un ruolo attivo di interpretazione critica e di responsabilità.

Nella progettazione partecipata, i dati assumono la funzione di strumenti per la costruzione di consapevolezza collettiva. La loro rilevanza consiste nella capacità di connettere esperienze individuali e processi decisionali condivisi, configurando l'architettura come pratica riflessiva. Le riflessioni

sviluppate evidenziano l'importanza di strumenti metodologicamente strutturati, in grado di tradurre desideri, routine e rappresentazioni degli utenti in conoscenze operative. Il passaggio successivo riguarda la costruzione dei questionari digitali come primo dispositivo operativo del processo, attraverso cui i contributi degli utenti vengono raccolti, organizzati e preparati per successive fasi di analisi dei dati. La trasformazione delle informazioni raccolte attraverso i processi partecipativi in dati strutturati rappresenta il passaggio metodologico che consente di analizzare in modo sistematico le preferenze degli utenti. Su queste basi diventa possibile costruire dataset partecipativi e applicare strumenti di analisi in grado di individuare pattern ricorrenti e configurazioni di uso dello spazio.

3.7.2 COSTRUZIONE DEI QUESTIONARI DIGITALI

Nel percorso della progettazione partecipata, il questionario si configura come un dispositivo epistemologico. Ogni sua scelta: la formulazione delle domande, l'ordine, il linguaggio, il formato; definisce i confini di ciò che viene chiesto, di ciò che viene tradotto in materiale progettuale e di ciò che si trasforma in significato politico. In altri termini: il questionario stabilisce cosa viene riconosciuto come conoscenza verificabile[1], come il vissuto individuale e collettivo diventa parte della costruzione progettuale[2], e come la stessa pratica dell'ascolto possa diventare strumento di redistribuzione del potere e di giustizia sociale[3]. La sua natura performativa sta nella capacità di **produrre realtà progettuali** attraverso la raccolta, l'organizzazione e la restituzione dei dati.

Da un lato, il questionario diventa dispositivo per organizzare i contributi in forme di sapere condiviso e verificabile[1]; dall'altro, in architettura, è strumento che non si limita a descrivere bisogni funzionali, ma li plasma trasformandoli in materia progettuale[2]; infine, in approcci più radicali, è interpretato come atto politico, in cui la definizione delle domande e delle modalità di ascolto incide sulla distribuzione del potere decisionale[3]. Queste tre linee di lettura mostrano come il questionario costituisca sempre una scelta di campo, sul piano culturale ed epistemologico, e non una semplice raccolta di opinioni. Per comprenderne meglio le implicazioni metodologiche, è utile distinguere tra questionari **validanti e non validanti**. I primi derivano dalla psicometria e dalle scienze sociali: sono composti da batterie standardizzate, calibrati su campioni ampi e concepiti per produrre risultati generalizzabili. La loro forza risiede nella possibilità di replicare i dati e confrontarli nel tempo, fornendo un alto livello di affidabilità statistica. I secondi, invece, sono costruiti ad hoc per contesti specifici, spesso con obiettivi esplorativi. Sono orientati alla comprensione di pratiche, desideri e immaginari locali. In architettura

e urbanistica prevale questa seconda tipologia, poiché l'interesse si concentra sulla capacità di cogliere la specificità dei luoghi e delle comunità.

Questa distinzione non deve essere letta come alternativa rigida. È possibile, infatti, **ipotizzare l'uso ibrido** di strumenti mutuati dai questionari validanti per rafforzare la consistenza di quelli non validanti. **L'alfa di Cronbach**, ad esempio, è un coefficiente che misura la coerenza interna di un gruppo di domande, verificando se esse indagano effettivamente la stessa dimensione latente[4]. Se una batteria di item riguarda la percezione di sicurezza urbana, il coefficiente indica se le risposte mostrano una tendenza coerente o se divergono casualmente. Applicare questa logica ai contesti architettonici significa introdurre strumenti di controllo capaci di rafforzare l'affidabilità metodologica dei questionari esplorativi, mantenendone il carattere qualitativo e consolidando il valore dei dati raccolti.

Chiarita la questione della coerenza interna, resta centrale il tema della **tipologia delle domande**. Le domande chiuse, dicotomiche o a scelta multipla, garantiscono facilità di analisi e comparabilità, ma riducono la complessità delle esperienze a un insieme limitato di opzioni. Le domande aperte permettono di raccogliere narrazioni, emozioni e sfumature, ma richiedono processi di interpretazione più complessi e possono generare dataset difficili da sistematizzare, motivo per cui risultano particolarmente adatte all'analisi tramite strumenti di intelligenza artificiale. Le **scale di tipo Likert**, introdotte nel 1932, offrono un compromesso intermedio: consentono di misurare atteggiamenti e percezioni lungo un continuum (es. da "fortemente in disaccordo" a "fortemente d'accordo"), trasformando dimensioni soggettive in valori numerici comparabili[5]. La combinazione di domande chiuse, aperte e su scala consente di bilanciare rigore analitico e ricchezza qualitativa, permettendo al questionario di adattarsi a obiettivi differenti.

L'inserimento di immagini, fotografie, schemi o rendering all'interno dei questionari amplia le modalità di risposta, superando barriere linguistiche e culturali e favorendo una comprensione immediata. Ad esempio, mostrare differenti configurazioni di uno spazio pubblico e chiedere quale venga percepita come più accogliente permette di ottenere feedback diretti che una domanda testuale non garantirebbe. Le immagini veicolano sempre un frame interpretativo e possono orientare le risposte: la loro efficacia dipende dalla capacità di ridurre il condizionamento e di valorizzare la pluralità di interpretazioni possibili[6].

Nel caso dei questionari, il passaggio al formato digitale richiede una riprogettazione dell'interfaccia orientata a chiarezza, semplicità d'uso e accessibilità. La qualità dell'esperienza utente, leggibilità delle domande, navigazione intuitiva, compatibilità mobile, feedback immediato; incide direttamente sull'affidabilità dei dati raccolti[7]. Digitalizzare significa ampliare la partecipazione, ridurre barriere spaziali e temporali e integrare i risultati in database dinamici. Ma significa anche affrontare il rischio del *digital divide*: non tutti hanno lo stesso accesso alle tecnologie, e per questo è necessario prevedere modalità alternative, cartacee o assistite[8].
La digitalizzazione offre inoltre la possibilità di rafforzare la **fase di restituzione**. Non è sufficiente raccogliere dati: occorre renderli leggibili, comprensibili e trasparenti. Mappe percettive, grafici interattivi, dashboard accessibili sono strumenti che permettono di restituire le informazioni in tempo reale, favorendo la costruzione di fiducia tra cittadini e istituzioni. Esperienze come quelle sviluppate al MIT Senseable City Lab hanno mostrato come la restituzione immediata dei dati, ad esempio su traffico, inquinamento o percezioni di sicurezza, possa alimentare processi di negoziazione basati su evidenze condivise. In questa prospettiva, il questionario digitale non è solo strumento di raccolta, ma parte di un ecosistema infor-

mativo che unisce rilevazione, interpretazione e restituzione.
Il contenuto delle domande resta decisivo. Chiedere **desideri, attività quotidiane e immaginari futuri** consente di intercettare non solo bisogni funzionali, ma pratiche culturali ed emozionali. Le routine raccontano come gli spazi vengono realmente utilizzati; i desideri rivelano tensioni e aspirazioni latenti; gli immaginari futuri aprono scenari progettuali che vanno oltre l'immediato. L'architettura che ne deriva non è ridotta a funzioni astratte, ma radicata in esperienze vissute e in visioni collettive.
Nonostante i suoi punti di forza, il questionario digitale presenta limiti evidenti:

- bias di formulazione
- campioni parziali
- rischio di riduzionismo.

Qui emerge il ruolo insostituibile del progettista come "professionista riflessivo", capace di interpretare criticamente i dati senza subirne l'automatismo. Zevi ricordava che l'architettura non può mai ridursi a formule matematiche[10], mentre Leach mette in guardia dal rischio di *deresponsabilizzazione* insito nell'uso indiscriminato dell'intelligenza artificiale[11]. Il questionario digitale assume il valore di **strumento di mediazione**: tecnico e culturale, analitico e narrativo, capace di trasformare esperienze individuali in decisioni collettive. Un dispositivo che rende visibile l'invisibile e che prepara il terreno per l'introduzione di sistemi di analisi automatizzata dei dati e di intelligenza artificiale applicata al progetto, oggetto del capitolo successivo.

---

1 Blomkamp, E. (2018).
2 Hofmann, S. (2019)
3 Udoewa, V. (2019).
4 Cronbach, L. J. (1951).
5 Likert, R. (1932)
6 Norman, D. (2013)
7 Norman, D. (2013)
8 Harari, Y. N. (2018).
9 Ratti, C., & Claudel, M. (2016)
10 Zevi, B. (1973)
11 Leach, N. (2021)

3.7.3 DATASET E INFRASTRUTTURE INFORMATIVE PER L'ANALISI PARTECIPATIVA

Nei processi di progettazione partecipata, la raccolta di informazioni attraverso questionari digitali, interviste e strumenti di consultazione pubblica genera un insieme eterogeneo di dati relativi alle pratiche quotidiane degli utenti, alle percezioni ambientali e alle preferenze spaziali. Queste informazioni costituiscono una risorsa per la comprensione delle modalità di utilizzo degli spazi e per l'individuazione di criticità o opportunità progettuali emergenti dall'esperienza degli abitanti. I contributi raccolti attraverso strumenti partecipativi richiedono tuttavia un processo di strutturazione per acquisire valore operativo all'interno del processo progettuale. Le risposte degli utenti formano inizialmente un archivio eterogeneo di contributi, composto da osservazioni testuali, valutazioni qualitative e variabili categoriali, che necessita di una trasformazione metodologica per poter essere analizzato in modo sistematico[1].

La trasformazione delle informazioni raccolte avviene attraverso la costruzione di un dataset, inteso come organizzazione strutturata dei dati disponibili. In questa configurazione le risposte degli utenti vengono convertite in variabili comparabili e organizzate secondo una struttura tabellare che consente di osservare relazioni, convergenze e divergenze tra le preferenze espresse dai partecipanti. Nel contesto della progettazione partecipata questa organizzazione dei dati costituisce una vera e propria infrastruttura di conoscenza, capace di collegare l'esperienza soggettiva dell'abitare ai processi decisionali del progetto[2].
Nelle scienze dell'informazione e nelle infrastrutture digitali per la ricerca, la strutturazione dei dati rappresenta una componente fondamentale per garantire l'analizzabilità, l'interoperabilità e la possibilità di riutilizzo delle informazioni

nel tempo. Il dataset assume quindi il ruolo di infrastruttura conoscitiva progettata per rendere i dati interpretabili e utilizzabili all'interno di diversi processi analitici[3].

A differenza dei contesti di analisi urbana basati su grandi flussi informativi, nei quali i dataset sono spesso composti da milioni di osservazioni provenienti da sensori digitali, reti di telecomunicazione o piattaforme sociali, i processi di progettazione architettonica partecipata operano generalmente su scale più contenute. Le informazioni derivano da comunità territoriali specifiche e coinvolgono un numero limitato di partecipanti, spesso compreso tra alcune decine e alcune centinaia di individui. In letteratura queste configurazioni vengono spesso definite **Small Data**, ossia insiemi informativi di dimensioni ridotte ma caratterizzati da una forte densità semantica e da un'elevata pertinenza rispetto al contesto analizzato[4]. In questi casi il valore dei dati risiede nella loro capacità di rappresentare in modo significativo le pratiche d'uso dello spazio e le percezioni degli utenti.
Le risposte raccolte attraverso i questionari digitali devono essere organizzate in variabili strutturate che consentano il confronto tra le osservazioni. Le domande chiuse e le scale di valutazione possono essere convertite direttamente in variabili numeriche, mentre le risposte aperte richiedono una fase di classificazione e codifica finalizzata all'individuazione di temi ricorrenti e categorie interpretative. Attraverso queste operazioni un insieme eterogeneo di contributi testuali viene progressivamente trasformato in una struttura dati coerente e analizzabile.

All'interno di questo processo si colloca la fase di **data curation**, che comprende una serie di operazioni finalizzate alla verifica e alla normalizzazione delle informazioni raccolte. Tra queste operazioni rientrano la gestione dei dati mancanti, l'individuazione di eventuali valori anomali, la verifi-

ca della coerenza delle risposte e la standardizzazione delle variabili. Queste procedure consentono di trasformare un archivio eterogeneo di dati in un dataset coerente e interpretabile, migliorando la qualità delle successive fasi di analisi.

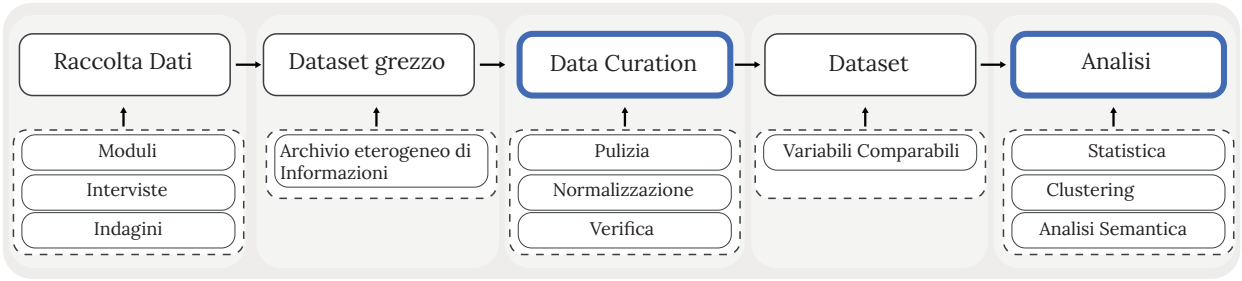


Figura 3.15
Processo di costruzione e organizzazione dei dataset partecipativi attraverso operazioni di data curation e strutturazione delle variabili.

La qualità del dataset rappresenta una condizione determinante per l'affidabilità dei modelli analitici. Dataset incompleti, campioni non rappresentativi o strumenti di rilevazione mal progettati possono generare risultati fuorvianti e compromettere l'interpretazione delle informazioni raccolte. In ambito informatico questa relazione è frequentemente sintetizzata nell'espressione **garbage in, garbage out**, che indica come la qualità dei risultati prodotti dagli algoritmi dipenda direttamente dalla qualità dei dati utilizzati in fase di analisi[5].

Accanto alla qualità del dato, la letteratura recente evidenzia l'importanza di considerare i possibili **bias presenti nei dataset**. I dati raccolti attraverso strumenti partecipativi riflettono inevitabilmente le condizioni sociali, culturali e tecnologiche attraverso cui vengono generati. La formulazione delle domande, le modalità di partecipazione e le caratteristiche del campione influenzano infatti la natura delle informazioni prodotte. Ad esempio, processi partecipativi basati esclusivamente su piattaforme digitali possono privilegiare gruppi sociali con maggiore accesso alle tecnologie o con maggiore familiarità con gli strumenti online. Per questo motivo l'analisi dei dati partecipativi richiede una costante attenzione alle condizioni attraverso cui le informazioni

vengono raccolte e interpretate[6].
Una volta costruito e validato, il dataset costituisce la base informativa per le successive fasi di analisi. Nel contesto dei processi partecipativi questi dataset includono generalmente variabili relative alle modalità di utilizzo degli spazi, alle percezioni di comfort ambientale, ai livelli di soddisfazione degli utenti e alle aspettative rispetto alle trasformazioni future degli ambienti abitati. L'organizzazione strutturata di queste informazioni consente di osservare configurazioni ricorrenti nelle preferenze espresse dagli utenti e di individuare eventuali divergenze tra differenti gruppi di partecipanti.

Prima dell'applicazione di strumenti avanzati di analisi semantica basati su modelli linguistici, i dataset partecipativi vengono generalmente sottoposti a una fase di **analisi preliminare dei dati**. Questa fase comprende operazioni di pulizia e normalizzazione delle informazioni, seguite da una prima analisi esplorativa delle variabili presenti nel dataset. L'obiettivo di questa fase è comprendere la struttura informativa dei dati raccolti, individuare eventuali anomalie e osservare le distribuzioni delle preferenze espresse dagli utenti. In ambito metodologico questa fase è generalmente indicata come *Exploratory Data Analysis* (*EDA*) e rappresenta il passaggio intermedio tra la raccolta delle informazioni e le successive fasi di analisi avanzata[7].

Attraverso l'analisi esplorativa diventa possibile identificare configurazioni preliminari delle preferenze degli utenti, individuare relazioni tra variabili e comprendere la struttura complessiva del dataset. Questa fase preparatoria consente di verificare la coerenza delle informazioni raccolte e di costruire una base informativa solida per le successive fasi di interpretazione dei dati.

Nel contesto dell'analisi dei dataset partecipativi, l'intero processo metodologico può essere sintetizzato attraverso una pipeline composta da diverse fasi successive:
Questa sequenza descrive il passaggio attraverso il quale le informazioni raccolte dagli utenti vengono progressivamente trasformate da contributi eterogenei in una struttura conoscitiva interpretabile. Il dataset costituisce quindi un'infrastruttura informativa progettata per l'analisi. La sua costruzione rappresenta il passaggio metodologico che consente di trasformare contributi provenienti dagli utenti in una base conoscitiva strutturata e analizzabile.
Su queste basi diventa possibile applicare strumenti computazionali e modelli di intelligenza artificiale per l'individuazione di pattern, correlazioni e configurazioni ricorrenti nelle pratiche di utilizzo degli spazi. A partire da questa infrastruttura informativa si sviluppa il capitolo successivo, dedicato all'utilizzo dei **modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM)** e delle tecniche di analisi assistita da intelligenza artificiale per l'interpretazione dei dataset derivanti dai questionari partecipativi.

1 Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008).
2 Batty, M. (2013).
3 Michener, W. K. et al. (2012).
4 Boyd, D., & Crawford, K. (2012).
5 Domingos, P. (2015).
6 Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2019).
7 Tukey, J. (1977).

3.7.4 ANALISI DEI DATASET MEDIANTE MODELLI LINGUISTICI

L'impiego dei Large Language Models (LLM) nell'analisi dei dataset consente l'interrogazione semantica delle informazioni raccolte, soprattutto nei casi in cui i questionari includono risposte aperte, commenti motivazionali e descrizioni delle pratiche d'uso. La lettura manuale tende a produrre sintesi parziali o dipendenti dalla selezione del ricercatore, mentre l'LLM consente di eseguire operazioni ripetibili di normalizzazione lessicale, raggruppamento tematico e confronto tra sottoinsiemi di rispondenti, mantenendo esplicita la relazione tra evidenze testuali e categorie interpretative[1]. L'LLM viene qui assunto come strumento di decision support per la fase di analisi e restituzione: consente di accelerare e rendere tracciabile il passaggio da risposte individuali a configurazioni informative collettive, a condizione che il dataset sia strutturato in modo coerente e che l'interrogazione avvenga mediante prompt vincolati, orientati a output verificabili (tabelle, mapping, estratti di evidenza)[2].

3.7.4.1 LLM COME STRUMENTI DI ANALISI SEMANTICA DEI DATASET

Nel campo dell'intelligenza artificiale applicata ai processi decisionali possono essere distinte, sul piano operativo, tre principali famiglie di sistemi: **AI analitica, AI predittiva e AI generativa**. La prima comprende metodi orientati all'analisi dei dati e all'individuazione di relazioni statistiche o configurazioni ricorrenti; la seconda riguarda modelli previsionali capaci di stimare scenari futuri a partire da dati storici; la terza include sistemi progettati per produrre nuovi contenuti sulla base di pattern appresi durante la fase di addestramento[1].

All'interno di quest'ultima categoria si collocano i **Large Language Models (LLM)**, modelli neurali addestrati su grandi corpora testuali e progettati per generare e riorganizzare informazioni linguistiche[2]. In questo lavoro i Large Language Models (LLM) sono impiegati per **l'analisi semantica dei dataset** e per l'inter-

rogazione e la sintesi delle informazioni testuali raccolte attraverso questionari e moduli digitali.

Operano attraverso **rappresentazioni vettoriali del linguaggio (embeddings)** generate da architetture neurali di tipo **transformer**, nelle quali i meccanismi di attenzione consentono di individuare relazioni di significato tra parole, frasi e contesti all'interno di grandi corpora testuali[3].

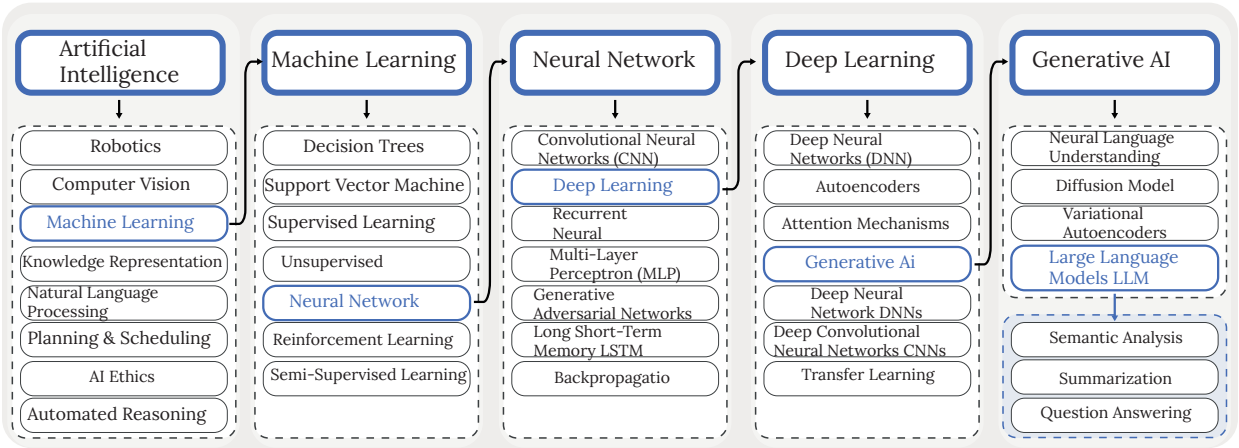


Figura 3.16
Struttura gerarchica delle principali categorie dell'intelligenza artificiale e collocazione dei Large Language Models all'interno dei sistemi di generative AI, con indicazione delle principali capacità di analisi del linguaggio naturale.
Fonte: rielaborazione dell'autore.

Questo approccio permette di trattare le risposte aperte come un **corpus analizzabile**: le descrizioni fornite dagli utenti vengono trasformate in unità semantiche confrontabili, consentendo l'identificazione di ricorrenze lessicali, temi emergenti e associazioni tra concetti che risultano difficilmente rilevabili attraverso una semplice lettura manuale.

Il modello consente di classificare automaticamente le risposte secondo categorie tematiche, individuare **cluster di significato** tra contributi diversi e costruire una prima mappa interpretativa delle preferenze espresse dagli utenti. Questo processo rappresenta il primo passaggio nella trasformazione del dataset partecipativo in una struttura informativa interpretabile dal progettista, poiché rende esplicite le relazioni tra percezioni d'uso, criticità dichiarate e aspettative spaziali presenti all'interno della comunità analizzata[4].

[1] Kitchin (2014)
[2] O'Neil (2016)
[3] LeCun, Bengio, Hinton (2015)
[4] Goodfellow, Bengio, Courville (2016

3.7.4.2 PROMPTING E INTERROGAZIONE DEI DATASET

L'impiego dei modelli linguistici nell'analisi dei dataset avviene attraverso un processo di **interrogazione testuale**, comunemente definito prompting. In questo contesto il termine prompt indica un'istruzione linguistica formulata dall'utente per orientare il comportamento del modello e definire il tipo di analisi richiesta. A differenza degli strumenti tradizionali di analisi statistica, nei quali l'utente deve specificare procedure computazionali attraverso linguaggi di programmazione o software dedicati, i modelli linguistici consentono di interrogare i dati mediante **linguaggio naturale**, trasformando l'analisi in una sequenza iterativa di richieste e interpretazioni[1].
I dataset derivano generalmente da **questionari digitali**, interviste o moduli di raccolta delle preferenze. Vengono esportati in formato tabellare (ad esempio CSV, XLSX o database) e contengono una combinazione di variabili numeriche, categorie discrete e risposte testuali aperte. Una volta reso disponibile al sistema, il dataset può essere interrogato attraverso una sequenza di prompt progressivi che guidano il modello nella comprensione della struttura informativa e nell'identificazione delle relazioni presenti tra le variabili[2].

Dal punto di vista operativo, il processo di interrogazione si articola generalmente in quattro fasi principali.

- La prima fase riguarda **la descrizione strutturale del dataset.** Attraverso prompt iniziali, l'utente richiede al modello di identificare la struttura del file, il numero di osservazioni, la tipologia delle variabili e la presenza di eventuali dati mancanti o anomalie. Questa fase preliminare consente di costruire una rappresentazione sintetica del dataset e di individuare eventuali criticità nella struttura dei dati.
- La seconda fase riguarda **l'analisi esplorativa delle variabili**. In questa fase il modello viene interrogato per individuare distribuzioni, frequenze e relazioni preliminari tra le variabili

presenti nel dataset. Nei questionari, questa analisi consente di identificare preferenze prevalenti, criticità ricorrenti e differenze significative tra gruppi di utenti.

- La terza fase riguarda **l'analisi semantica delle risposte testuali**. Le risposte aperte presenti nei questionari vengono analizzate dal modello come un corpus linguistico, permettendo l'individuazione di temi emergenti, parole chiave ricorrenti e configurazioni semantiche condivise tra gli utenti. Questo passaggio consente di integrare le informazioni qualitative presenti nei dataset con le analisi quantitative tradizionali.
- La quarta fase riguarda la **formulazione di interrogazioni interpretative**, nelle quali il modello viene utilizzato per esplorare possibili relazioni tra le preferenze espresse dagli utenti e le caratteristiche spaziali o funzionali del progetto. In questa fase il sistema può essere interrogato per individuare configurazioni ricorrenti nelle aspettative degli utenti, identificare eventuali conflitti tra esigenze differenti e produrre prime sintesi interpretative utili al processo progettuale.

Il processo di interrogazione attraverso prompt assume pertanto la forma di una **analisi iterativa**, nella quale ogni risposta del modello contribuisce a orientare le interrogazioni successive. Consente di trasformare l'analisi del dataset da un procedimento rigidamente sequenziale a un processo di esplorazione progressiva delle informazioni. L'utilizzo dei modelli linguistici consente di **accelerare la lettura dei dataset** e di facilitare l'individuazione di relazioni tra variabili, preferenze e percezioni d'uso dello spazio. Il prompting rappresenta una modalità di interazione con i dati che permette di integrare l'analisi automatica con la capacità interpretativa del progettista, trasformando il dataset partecipativo in una base informativa più facilmente esplorabile e interpretabile[3].

1 Brown et al. (2020)
2 Jurafsky, Martin (2023)
3 Bommasani et al. (2021)

3.7.4.3 IDENTIFICAZIONE DEI PATTERN NELLE RISPOSTE

Una delle funzioni più rilevanti dei modelli linguistici nell'analisi dei dataset riguarda la **capacità di individuare pattern ricorrenti all'interno delle risposte degli utenti**. I dati raccolti attraverso questionari digitali o moduli di consultazione contengono infatti una combinazione eterogenea di informazioni quantitative e qualitative: preferenze espresse tramite scelte multiple, valutazioni di priorità, descrizioni testuali di criticità percepite e suggerimenti relativi all'utilizzo degli spazi. La complessità di questi dataset rende spesso difficile individuare manualmente relazioni significative tra le diverse variabili.

L'impiego di modelli linguistici consente di affrontare questa complessità attraverso tecniche di **analisi semantica e individuazione di configurazioni ricorrenti**, nelle quali le risposte degli utenti vengono analizzate come elementi di un corpus testuale più ampio. Attraverso rappresentazioni vettoriali del linguaggio e procedure di similarità semantica, il modello è in grado di individuare **cluster di significato** tra risposte differenti, evidenziando convergenze e divergenze nelle percezioni e nelle aspettative degli utenti[1].

Prima dell'identificazione dei pattern semantici, le risposte testuali presenti nel dataset vengono sottoposte a una fase preliminare di elaborazione linguistica. In questa fase il testo viene suddiviso in unità lessicali elementari, comunemente definite token, che possono corrispondere a parole, parti di parole o segni di punteggiatura. La tokenizzazione consente al modello di trattare il linguaggio naturale come una sequenza di elementi analizzabili.

Successivamente i token vengono trasformati in rappresentazioni numeriche del linguaggio, denominate embeddings, che permettono di collocare parole e frasi all'interno di uno spazio vettoriale semantico. In questa rappresentazione termini con significati simili risultano posizionati a distanze ridotte, consentendo al modello di individuare relazioni semantiche tra le

risposte degli utenti e di riconoscere configurazioni linguistiche ricorrenti all'interno del corpus analizzato.[2]

L'identificazione dei pattern può avvenire su più livelli analitici. Un primo livello riguarda le **ricorrenze tematiche nelle risposte aperte**. Attraverso l'analisi del linguaggio naturale, il modello può individuare parole chiave, concetti ricorrenti e configurazioni lessicali che descrivono esigenze condivise dagli utenti, come ad esempio richieste di maggiore luminosità, necessità di spazi di socializzazione o criticità relative all'acustica e alla privacy.

Un secondo livello riguarda le relazioni tra variabili del dataset.

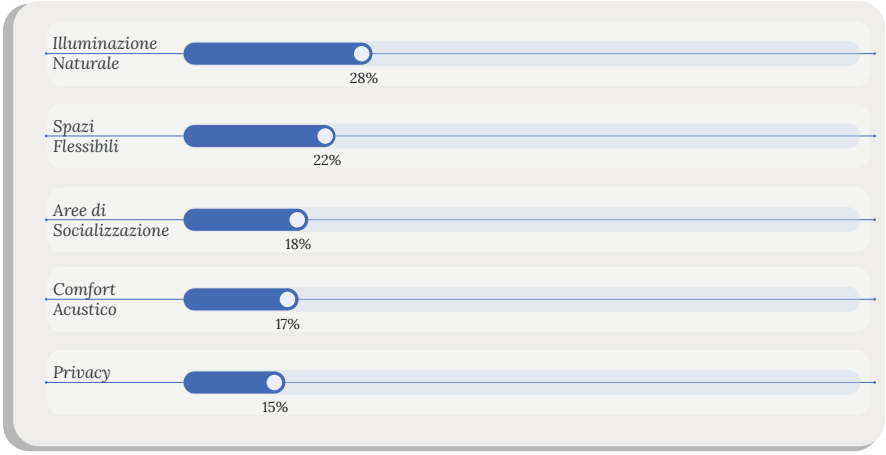


Figura 3.17
Incidenza di alcuni temi emersi dall'analisi semantica delle risposte aperte in un questionario di un caso studio.
Fonte: rielaborazione dell'autore.

Le preferenze espresse dagli utenti possono infatti presentare correlazioni non immediatamente visibili tra diverse dimensioni del questionario. Ad esempio, gruppi di utenti che dichiarano una forte preferenza per spazi domestici flessibili possono mostrare simultaneamente una maggiore sensibilità per aspetti legati alla qualità dell'illuminazione naturale o alla presenza di spazi esterni. L'individuazione di queste configurazioni consente di comprendere come le esigenze spaziali degli utenti tendano a organizzarsi in insiemi coerenti di preferenze.

Un terzo livello analitico riguarda l'identificazione di gruppi di utenti con comportamenti o aspettative simili. Attraverso l'analisi combinata delle variabili presenti nel dataset, i modelli linguistici possono contribuire a individuare cluster di utenti caratterizzati da configurazioni ricorrenti di preferenze. In termini operativi, questo processo consente di distinguere tipolo-

gie di utenti che condividono specifiche modalità di utilizzo dello spazio, facilitando l'interpretazione delle esigenze collettive presenti all'interno della comunità analizzata[3].

L'identificazione dei pattern rappresenta quindi un passaggio fondamentale nella trasformazione dei dataset in strutture informative interpretabili. Attraverso l'analisi automatica delle ricorrenze presenti nei dati, il sistema consente di trasformare un insieme eterogeneo di contributi individuali in configurazioni di preferenze leggibili dal progettista.

Tabella 5
Sintesi interpretativa dei pattern emersi dall'analisi dei dataset di un caso studio.
Fonte: rielaborazione dell'autore.

Tema Emerso	*Pattern Identificativo*	*Implicazione Progettuale*
Illuminazione Naturale	*Richiesta diffusa di luce naturale*	*Ampliamento aperture/ Orientamento*
Spazi Flessibili	*Utilizzo variabile degli ambienti*	*Configurazioni distributive flessibili*
Aree di Socializzazione	*Richiesta di spazi condivisi*	*Integrazione di aree comuni*
Comfort Acustico	*Sensibilità al Rumore*	*Impiego di materiali fonoassorbenti*
Privacy	*Esigenza di Separazione Funzionale*	*Articolazione degli spazi domestici*

Sul piano metodologico, questo passaggio costituisce un supporto all'interpretazione dei dati. I pattern individuati dal modello corrispondono infatti a configurazioni probabilistiche fondate sul dataset disponibile e richiedono una successiva valutazione del progettista in rapporto alle condizioni spaziali, sociali e culturali del contesto.

L'identificazione dei pattern consente di costruire una mappa interpretativa delle preferenze espresse dagli utenti, all'interno della quale diventa possibile individuare convergenze, divergenze e potenziali conflitti tra esigenze differenti. Questa mappa rappresenta la base conoscitiva sulla quale possono essere successivamente sviluppate le fasi di sintesi interpretativa e di generazione delle indicazioni progettuali[4].

1 Mikolov et al. (2013)
2 Jurafsky, Martin (2023)
3 Aggarwal (2018)
4 Blei, Ng, Jordan (2003)

3.7.4.4 SINTESI INTERPRETATIVA DEI DATI

Una volta individuati i pattern ricorrenti all'interno del dataset partecipativo, la fase successiva del processo analitico consiste nella **sintesi interpretativa delle informazioni raccolte.** Questa fase rappresenta un passaggio cruciale nella trasformazione dei dati grezzi in conoscenza utile al processo progettuale. I dataset derivanti da questionari digitali o piattaforme di consultazione pubblica contengono spesso una grande quantità di informazioni eterogenee, che devono essere organizzate e interpretate in modo coerente prima di poter essere utilizzate come supporto alle decisioni progettuali.

L'impiego di modelli linguistici consente di affrontare questa fase attraverso la **costruzione di sintesi delle informazioni presenti nel dataset.** Sulla base dei pattern individuati nella fase precedente, il modello può essere interrogato per produrre descrizioni interpretative delle configurazioni di preferenze emerse tra gli utenti. Il processo consiste nell'elaborazione di una sintesi analitica che mette in relazione percezioni d'uso dello spazio, criticità segnalate e aspettative progettuali espresse dagli utenti[1].

Dal punto di vista metodologico, la sintesi interpretativa può assumere diverse forme. In primo luogo, il modello può produrre d**escrizioni sintetiche delle preferenze prevalenti**, evidenziando le caratteristiche spaziali o funzionali maggiormente richieste dagli utenti. In secondo luogo, è possibile individuare **criticità ricorrenti** relative all'utilizzo degli spazi esistenti o alla qualità percepita degli ambienti costruiti. Infine, il sistema può evidenziare **divergenze tra gruppi di utenti**, mostrando come differenti categorie sociali o tipologie di abitanti possano esprimere esigenze spaziali parzialmente contrastanti.

Tabella 6
Traduzione dei pattern emersi dai dataset in possibili indicazioni progettuali attraverso l'analisi assistita da modelli linguistici in un caso studio.
Fonte: rielaborazione dell'autore.

Configurazione di preferenze	*Indicazione progettuale generata*	*Ambito di applicazione*
Forte domanda di luce naturale	*Orientamento ottimizzato* *Incremento superfici finestrate*	*Progettazione Illuminotecnica*
Preferenza per ambienti multifunzionali	*Ambienti riconfigurabili* *Pareti mobili*	*Progettazione Distributiva*
Richiesta di spazi di socialità	*Ampliamento del living* *Ampliamento spazi comuni*	*Configurazione Funzionale*
Sensibilità al comfort acustico	*Integrazione di materiali fonoassorbenti*	*Scelta dei Materiali*
Esigenza di Privacy	*Articolazione dei percorsi* *Separazione delle aree*	*Progettazione Distributiva*

Un passaggio rilevante di questa fase riguarda l'integrazione dei dati quantitativi e qualitativi presenti nel dataset. Le risposte chiuse restituiscono distribuzioni statistiche delle preferenze, mentre quelle aperte esprimono motivazioni, percezioni e aspettative. I modelli linguistici consentono di collegare queste due dimensioni informative, mettendo in relazione dato numerico e contenuto semantico[2].
La sintesi interpretativa rappresenta una struttura conoscitiva intermedia che permette di comprendere come le esigenze degli utenti si organizzino all'interno della comunità analizzata.
Attraverso questo processo diventa possibile costruire una mappa interpretativa delle preferenze espresse dagli utenti, nella quale convergenze, divergenze e priorità emergono in modo più leggibile rispetto alla semplice osservazione del dataset originario.

Questa mappa interpretativa costituisce la base per le fasi successive del processo analitico, nelle quali le informazioni sintetizzate possono essere utilizzate per generare indicazioni progettuali preliminari o per esplorare scenari alternativi di configurazione dello spazio costruito. In questo senso, la sintesi interpretativa rappresenta il momento in

cui l'analisi dei dati inizia a entrare in relazione con il processo decisionale del progetto, trasformando il dataset in una infrastruttura informativa a supporto delle scelte progettuali[3].[1]

1 Kitchin, McArdle (2016)
2 O'Neil (2016)
3 Batty (2013)

3.7.4.5 GENERAZIONE DI SUGGERIMENTI PROGETTUALI

La fase successiva all'elaborazione della sintesi interpretativa consiste nella **traduzione delle informazioni emerse dal dataset in indicazioni progettuali preliminari.** In questa fase i modelli linguistici possono essere impiegati per supportare l'analisi delle relazioni tra preferenze degli utenti, pratiche d'uso dello spazio e criticità segnalate, contribuendo all'individuazione di possibili configurazioni progettuali.
I dati raccolti attraverso questionari digitali e moduli di consultazione pubblica descrivono infatti una molteplicità di preferenze, percezioni e aspettative relative all'utilizzo degli spazi. Tali informazioni, una volta analizzate e sintetizzate, possono essere interrogate ulteriormente attraverso i modelli linguistici per individuare **relazioni tra esigenze espresse dagli utenti e possibili strategie progettuali.** Questo passaggio costruisce **ipotesi interpretative** che permettono di collegare le preferenze degli utenti alle scelte spaziali del progetto[1].

Il processo avviene attraverso una serie di interrogazioni mirate del dataset sintetizzato. Il modello può essere interrogato, ad esempio, per individuare quali caratteristiche spaziali risultino maggiormente associate alle preferenze espresse dagli utenti, oppure per evidenziare configurazioni di esigenze che tendono a manifestarsi congiuntamente. Attraverso questa procedura diventa possibile costruire **quadri interpretativi delle priorità progettuali**, nei quali alcune caratteristiche dello spazio emergono come particolarmente rilevanti per la comunità analizzata.
La **gestione delle preferenze divergenti** costituisce una condizione ricorrente nei processi partecipativi, gruppi differenti di utenti possono esprimere esigenze contrastanti rispetto all'organizzazione degli spazi. L'analisi dei dataset consente di individuare tali divergenze e di descriverle in

modo esplicito, rendendo confrontabili le diverse esigenze espresse dagli utenti e supportando la definizione di strategie di mediazione progettuale.

Il sistema contribuisce a evidenziare i **campi di tensione presenti nel dataset**, offrendo una base informativa più chiara per il processo decisionale[2].

I suggerimenti progettuali generati in questa fase assumono quindi la forma di **indicazioni interpretative**, che collegano i pattern individuati nei dati con possibili direzioni di sviluppo del progetto. Queste indicazioni possono riguardare, ad esempio, la configurazione degli spazi collettivi, la flessibilità degli ambienti domestici, la distribuzione delle funzioni o la qualità ambientale percepita dagli utenti. L'obiettivo non è quello di sostituire la creatività progettuale, ma di integrare nel processo decisionale una base informativa derivante dalle esperienze e dalle preferenze espresse dalla comunità coinvolta. L'utilizzo dei modelli linguistici contribuisce a rafforzare il ruolo della progettazione partecipata come **processo informato dai dati**, nel quale le decisioni progettuali possono essere supportate da una lettura sistematica delle esigenze degli utenti. I suggerimenti progettuali derivanti dall'analisi dei dataset rappresentano quindi una forma di mediazione tra conoscenza empirica e interpretazione progettuale, che permette di integrare le informazioni raccolte attraverso la partecipazione all'interno delle fasi iniziali del processo di progettazione[3].

1 Leach (2022)
2 Mitchell (1995)
3 Carpo (2017)

3.7.4.6 ANALISI PREDITTIVA DELLE PREFERENZE

Oltre all'interpretazione delle configurazioni presenti nei dataset, l'impiego di modelli linguistici consente di esplorare **possibili evoluzioni delle preferenze espresse dagli utenti**, introducendo una dimensione predittiva nell'analisi dei dati. Nei processi di progettazione architettonica e urbana, le esigenze degli utenti rappresentano fenomeni dinamici che possono evolvere nel tempo in relazione a trasformazioni sociali, demografiche o ambientali. L'analisi predittiva si basa sull'osservazione delle configurazioni di preferenze individuate all'interno del dataset e sulla loro possibile evoluzione in scenari futuri. I modelli linguistici operano come **dispositivi di supporto alla costruzione di scenari interpretativi**, nei quali le tendenze emergenti nei dati vengono utilizzate per simulare possibili configurazioni future delle esigenze degli utenti[1].

Dal punto di vista metodologico, questo processo può essere sviluppato attraverso l'interrogazione del dataset sintetizzato mediante prompt orientati alla simulazione di scenari. Il modello può essere utilizzato, per esplorare come determinate preferenze possano evolvere in presenza di cambiamenti nelle modalità di utilizzo dello spazio, oppure per individuare quali caratteristiche spaziali risultino maggiormente resilienti rispetto a differenti condizioni di utilizzo. In questo modo l'analisi predittiva consente di valutare non solo le preferenze attuali degli utenti, ma anche la **loro possibile trasformazione nel tempo**. L'individuazione di **tendenze emergenti nei comportamenti d'uso degli spazi.** Attraverso l'analisi delle correlazioni presenti nel dataset e la simulazione di scenari alternativi, il sistema può contribuire a identificare configurazioni di preferenze che, pur non essendo ancora predominanti, mostrano una crescente rilevanza tra gli utenti. Queste informazioni possono ri-

sultare particolarmente utili nelle fasi iniziali del processo progettuale, quando diventa necessario anticipare possibili evoluzioni delle modalità di abitare o di utilizzare lo spazio costruito[2].

L'analisi predittiva assume la funzione di **strumento esplorativo**, che permette di estendere l'interpretazione dei dati oltre la semplice descrizione dello stato attuale delle preferenze.

Il sistema contribuisce a costruire scenari plausibili nei quali le configurazioni emerse dal dataset vengono proiettate in condizioni di utilizzo differenti. Questo approccio risulta particolarmente rilevante nei contesti caratterizzati da **dataset di dimensioni limitate**, tipici dei processi di progettazione architettonica partecipata.

I risultati dell'analisi predittiva devono essere interpretati come indicazioni di tendenza e non come stime statisticamente robuste. Il loro valore risiede nella capacità di evidenziare possibili direzioni di evoluzione delle preferenze degli utenti, offrendo al progettista uno strumento aggiuntivo per valutare la resilienza e l'adattabilità delle soluzioni progettuali[3].

1 Silver et al. (2016)
2 Batty (2013)
3 Leach (2022)

3.7.4.7 PRODUZIONE DI OUTPUT SINTETICI

La fase conclusiva del processo di analisi dei dataset riguarda la **produzione di output sintetici**, ovvero la trasformazione delle informazioni elaborate nelle fasi precedenti in rappresentazioni leggibili e interpretabili all'interno del processo progettuale. Dopo l'identificazione dei pattern, la sintesi interpretativa e l'esplorazione di possibili scenari evolutivi, i risultati dell'analisi devono infatti essere restituiti in una forma che consenta al progettista di integrarli nel processo decisionale.

Nel contesto dell'analisi dei dataset mediante modelli linguistici, la produzione di output sintetici rappresenta il momento in cui i risultati dell'elaborazione automatica vengono tradotti in **strutture informative utilizzabili nel progetto**. I modelli linguistici possono contribuire a questo processo generando descrizioni sintetiche delle configurazioni emerse nei dati, evidenziando relazioni tra variabili e organizzando le informazioni in forme facilmente interpretabili dal progettista[1].

Gli output prodotti in questa fase possono assumere diverse configurazioni. Una prima modalità riguarda la produzione di **sintesi testuali**, nelle quali le principali configurazioni di preferenze emerse dal dataset vengono organizzate in forma narrativa. Questo tipo di restituzione consente di evidenziare le priorità progettuali individuate attraverso l'analisi dei dati e di descrivere le relazioni tra esigenze differenti espresse dagli utenti.

Una seconda modalità riguarda la costruzione di **tabelle comparative e schemi interpretativi**, che permettono di visualizzare in modo sintetico le relazioni tra variabili presenti nel dataset. Attraverso queste rappresentazioni diventa possibile confrontare configurazioni di preferenze tra gruppi differenti di utenti o individuare le caratteristiche spaziali che risultano maggiormente associate a determinate moda-

lità di utilizzo dello spazio[2].

La terza modalità riguarda la costruzione di **mappe concettuali delle preferenze**, nelle quali le relazioni tra esigenze degli utenti, criticità percepite e possibili strategie progettuali vengono organizzate in diagrammi sintetici. Questo tipo di rappresentazione risulta particolarmente utile nei processi partecipativi, poiché consente di comunicare i risultati dell'analisi anche a soggetti non esperti, facilitando il dialogo tra progettisti, amministrazioni e comunità coinvolte nel processo decisionale[3].

La produzione di output sintetici svolge quindi una funzione fondamentale di **mediazione tra analisi dei dati e processo progettuale.** Le informazioni derivanti dal dataset vengono trasformate in strutture conoscitive che permettono di comprendere in modo più chiaro le esigenze espresse dalla comunità e di integrare tali informazioni nelle fasi iniziali del progetto.

Gli output generati dai modelli linguistici non devono essere interpretati come risultati definitivi del processo analitico, ma come **strumenti di supporto alla decisione progettuale.** Il loro valore risiede nella capacità di rendere esplicite le configurazioni di preferenze presenti nel dataset e di facilitare la costruzione di un dialogo informato tra dati, progettista e comunità coinvolta nel processo di trasformazione dello spazio costruito[4].

1 Few (2013)
2 Tufte (2001)
3 Ware (2012)
4 Cairo (2016)

3.7.5 UTILIZZO DEI MODELLI LINGUISTICI NELL'ANALISI DEI DATI

Una volta definito il quadro metodologico dell'analisi semantica dei dataset partecipativi e individuati i pattern ricorrenti nelle risposte degli utenti, il passaggio successivo riguarda l'impiego operativo dei modelli linguistici per l'interrogazione e l'organizzazione delle informazioni raccolte. In questa fase i Large Language Models (LLM) vengono utilizzati come strumenti di supporto all'analisi dei dati, capaci di facilitare l'esplorazione di dataset eterogenei e di produrre sintesi interpretative a partire da informazioni provenienti da questionari digitali, interviste o moduli di consultazione pubblica.
I dataset derivano generalmente da strumenti di raccolta dati digitali, presentano una struttura tabellare nella quale ogni riga corrisponde a un rispondente e ogni colonna rappresenta una variabile del questionario. All'interno di queste strutture possono coesistere variabili numeriche, categorie discrete e campi testuali contenenti descrizioni qualitative delle pratiche d'uso dello spazio, delle criticità percepite o delle preferenze progettuali espresse dagli utenti. La presenza simultanea di informazioni quantitative e qualitative rende spesso complessa l'analisi manuale dei dataset, soprattutto quando il numero di contributi raccolti cresce e le risposte aperte assumono una dimensione testuale significativa[1].

In questo contesto i modelli linguistici introducono una modalità di interrogazione dei dataset basata sul linguaggio naturale, che affianca le tecniche statistiche nell'esplorazione delle strutture informative presenti nei dati. I modelli linguistici operano infatti come sistemi di analisi del linguaggio naturale in grado di riconoscere configurazioni semantiche ricorrenti, individuare relazioni tra variabili e produrre sintesi interpretative delle informazioni contenute nei dataset[2].
I Large Language Models possono supportare diverse fasi del

processo progettuale, dalla raccolta delle informazioni alla sintesi delle preferenze espresse dagli utenti, contribuendo a strutturare dataset complessi e a facilitare l'interpretazione dei dati all'interno dei processi decisionali del design[3].

Nel contesto della presente ricerca l'analisi dei dataset mediante modelli linguistici è stata sviluppata attraverso un protocollo operativo articolato in una sequenza di fasi successive.
La prima fase riguarda la predisposizione del dataset e la sua organizzazione in una struttura tabellare leggibile dal sistema. I dati raccolti attraverso questionari digitali vengono esportati in formati strutturati (ad esempio CSV o XLSX) e organizzati in modo tale da rendere esplicita la distinzione tra variabili numeriche, categorie discrete e campi testuali contenenti descrizioni qualitative fornite dagli utenti.
La seconda fase riguarda il riconoscimento della struttura informativa del dataset. Attraverso prompt iniziali il modello viene interrogato per identificare le variabili presenti nel file, il numero di osservazioni e la tipologia delle informazioni contenute nelle diverse colonne. Questa operazione consente di costruire una rappresentazione sintetica dell'insieme informativo e di individuare eventuali criticità nella struttura dei dati, come la presenza di valori mancanti o incoerenze nelle categorie utilizzate.
La terza fase consiste nell'interrogazione progressiva delle informazioni contenute nel dataset. Attraverso sequenze di prompt mirati il modello viene utilizzato per individuare distribuzioni di frequenza, relazioni tra variabili e ricorrenze semantiche nelle risposte testuali. In questa fase il sistema opera come uno strumento di supporto all'analisi esplorativa dei dati, facilitando l'individuazione di configurazioni informative che risultano difficilmente osservabili attraverso una semplice lettura manuale del dataset.
La quarta fase riguarda l'estrazione delle configurazioni in-

formative emergenti dall'analisi. Le informazioni presenti nel dataset vengono organizzate in sintesi interpretative che mettono in relazione preferenze espresse dagli utenti, pratiche d'uso dello spazio e criticità percepite. Questo passaggio consente di trasformare il dataset partecipativo in una struttura informativa più leggibile, nella quale le relazioni tra le diverse variabili risultano esplicitate in forma sintetica.

La quinta fase riguarda la produzione di output analitici utilizzabili nel processo progettuale. I modelli linguistici possono generare diverse tipologie di output, tra cui sintesi testuali delle preferenze espresse dagli utenti, tabelle riassuntive delle configurazioni emergenti e schemi interpretativi che mettono in relazione esigenze spaziali, criticità percepite e possibili direzioni di sviluppo del progetto.

Dal punto di vista operativo, l'interrogazione dei dataset mediante modelli linguistici può essere sperimentata attraverso diverse piattaforme di intelligenza artificiale disponibili online. Ambienti come ChatGPT, Claude o Google AI Studio consentono di caricare dataset strutturati e di interrogare le

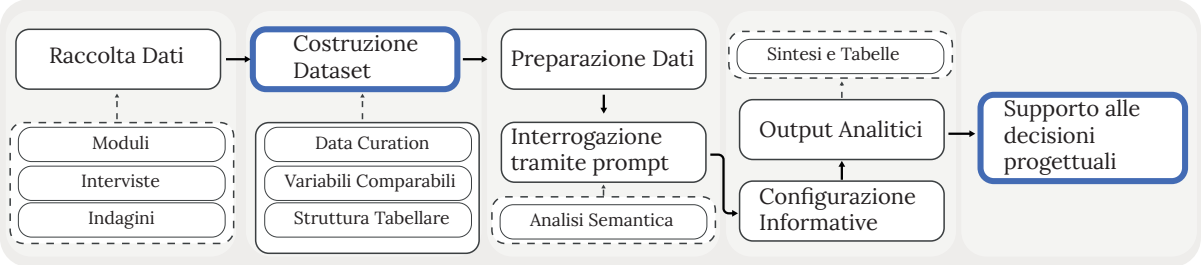


Figura 3.18
Workflow operativo di analisi dei dataset partecipativi mediante modelli linguistici.
Fonte: rielaborazione dell'autore.

informazioni mediante sequenze di prompt progressivi. In questi contesti l'analisi assume la forma di un processo iterativo di interazione tra utente e modello, nel quale le richieste formulate dal ricercatore orientano l'esplorazione delle informazioni e la produzione delle sintesi analitiche. L'utilizzo di piattaforme differenti consente il confronto tra i risultati prodotti da modelli linguistici diversi, permettendo di verificare la coerenza delle sintesi generate e la stabilità delle configurazioni interpretative individuate nel dataset. Nei contesti di ricerca tale confronto contribuisce alla replica-

bilità delle procedure di analisi, condizione necessaria per la validità metodologica del processo.

Nel contesto della progettazione architettonica i modelli linguistici operano quindi come strumenti di supporto all'interpretazione dei dati derivanti dai processi partecipativi, mentre la valutazione critica delle configurazioni emerse rimane affidata al progettista. L'analisi assistita da modelli linguistici consente di accelerare l'esplorazione dei dataset e di rendere esplicite configurazioni informative difficilmente individuabili attraverso una lettura manuale delle singole risposte. Questo passaggio riflette una trasformazione più ampia dei processi progettuali contemporanei, nei quali la disponibilità di grandi quantità di dati introduce nuove modalità di interpretazione e supporto alle decisioni progettuali4.

Le informazioni derivanti dai questionari digitali vengono organizzate in dataset e interrogate mediante modelli linguistici per individuare configurazioni ricorrenti di preferenze e criticità d'uso dello spazio. In questo modo l'analisi dei dati partecipativi contribuisce a costruire una base informativa che può essere utilizzata nelle fasi iniziali del processo progettuale.

L'efficacia di questo approccio dipende da diversi fattori legati alla qualità dei dataset e alle modalità di raccolta delle informazioni. La dimensione del campione, la rappresentatività degli utenti coinvolti e le condizioni di accesso agli strumenti digitali influenzano la struttura delle informazioni disponibili e la qualità dei risultati ottenuti. Per questo motivo l'utilizzo dei modelli linguistici richiede una riflessione metodologica sui limiti dei dati e sulle possibili distorsioni presenti nei processi di raccolta e interpretazione delle informazioni.

---

1 Kitchin (2014)
2 Bommasani et al. (2021)
3 Zhou (2025)
4 Carpo (2017)

3.7.6 LIMITI METODOLOGICI E CONDIZIONI DI VALIDITÀ NELL'ANALISI DEI DATASET

L'impiego di modelli linguistici nell'analisi dei dataset partecipativi amplia la capacità di leggere insiemi eterogenei di informazioni, mette in relazione risposte strutturate e contenuti testuali, accelera l'individuazione di ricorrenze e rende replicabili procedure di sintesi che, nei contesti analogici, dipendono in misura maggiore dalla selezione e dalla memoria del ricercatore. La crescita della capacità analitica richiede però una definizione chiara delle condizioni di validità del metodo. La qualità dell'interpretazione dipende infatti dalla struttura del dataset, dalla composizione del campione, dalle modalità di raccolta delle informazioni, dalle proprietà del modello linguistico utilizzato e dalle procedure di controllo che accompagnano l'analisi. La letteratura recente sull'uso dei Large Language Models nel design e nella partecipazione mostra con chiarezza che il valore operativo di questi sistemi emerge quando il loro impiego è collocato entro protocolli metodologici espliciti e verificabili, fondati su dataset ben strutturati e su una regia umana continua[1].

Un primo nodo riguarda la qualità interna del dataset. Nei processi partecipativi il dato deriva spesso da strumenti di consultazione volontaria: questionari online, moduli digitali, interviste mediate da piattaforme, raccolte asincrone di feedback. In questa condizione il dataset registra la partecipazione effettiva, non l'intera popolazione potenzialmente interessata dal progetto. La distribuzione delle risposte tende quindi a riflettere i gruppi maggiormente presenti, più accessibili agli strumenti digitali o più coinvolti nel tema oggetto della consultazione. Il problema metodologico non coincide soltanto con la quantità delle osservazioni raccolte, ma con la qualità della composizione del campione: età,

livello di alfabetizzazione digitale, disponibilità di tempo, familiarità con i processi partecipativi, accesso ai dispositivi e alle reti incidono direttamente sulla forma del dataset. In presenza di tali asimmetrie, la distribuzione delle preferenze registrate rappresenta una fotografia selettiva del campo sociale osservato. L'analisi dei risultati richiede quindi una lettura campionaria e contestuale, capace di distinguere tra tendenze rilevate e generalizzazioni improprie. La discussione recente sui foundation models e sulla governance dell'AI insiste proprio su questo punto: la qualità degli esiti dipende in misura sostanziale dalla qualità, dalla provenienza e dalla struttura dei dati usati nei processi di analisi[2].

Il secondo nodo riguarda la scala dei dati. I processi partecipativi in architettura e nella rigenerazione urbana lavorano di frequente su dataset di piccole e medie dimensioni: alcune decine di questionari, talvolta alcune centinaia di contributi. Questa condizione colloca l'analisi in un regime di small data, nel quale la forza del metodo non risiede nella robustezza statistica tipica dei grandi numeri, ma nella possibilità di estrarre configurazioni informative dense a partire da un numero limitato di osservazioni[3]. Il vantaggio di questo regime consiste nella prossimità tra dato e contesto: ogni contributo mantiene un legame leggibile con le pratiche d'uso, con la composizione del gruppo consultato e con le condizioni spaziali del progetto. Il limite riguarda invece la sensibilità del risultato rispetto a variazioni del campione e alla presenza di sottogruppi poco rappresentati. In questa situazione i modelli linguistici producono valore quando vengono impiegati come strumenti di esplorazione, ordinamento e sintesi, non come dispositivi di inferenza generalizzante. La letteratura recente sul rapporto tra LLM, design e pianificazione mostra che i modelli risultano particolarmente efficaci nelle fasi di scoperta, organizzazione e valutazione di insiemi informativi complessi[4].

Il terzo nodo riguarda il comportamento dei modelli linguistici. I Large Language Models operano attraverso procedure probabilistiche di previsione e ricombinazione linguistica; la loro efficacia nell'analisi dei dataset dipende dalla qualità del prompt, dalla chiarezza della struttura tabellare, dalla coerenza delle etichette usate nel dataset e dalla possibilità di mantenere stabile il contesto dell'interrogazione. In questa cornice il rischio metodologico principale riguarda la produzione di sintesi linguisticamente plausibili ma non perfettamente aderenti al contenuto dei dati[5]. Il problema non si presenta soltanto come errore manifesto: può assumere la forma di una categorizzazione eccessivamente uniforme, di una sintesi troppo compressa, della sopravvalutazione di pattern marginali o della sottovalutazione di minoranze informative presenti nel dataset. Per questa ragione l'analisi con LLM richiede sempre procedure di verifica incrociata: controllo dei prompt, confronto fra piattaforme differenti, ritorno al dataset originario, verifica campionaria delle risposte testuali e lettura critica dei cluster emersi. I quadri recenti di gestione del rischio per la GenAI insistono su verificabilità, tracciabilità, documentazione delle decisioni di prompting e monitoraggio degli errori come condizioni strutturali di affidabilità[6].

Un quarto nodo riguarda la privacy e la gestione dei dati personali. I questionari partecipativi possono contenere informazioni sulle pratiche quotidiane degli utenti, sui modi di usare gli spazi domestici, sui tempi della vita abitativa, su criticità percepite e preferenze individuali rispetto all'organizzazione degli ambienti. In un simile contesto il dataset acquista rapidamente una dimensione sensibile. La validità del metodo dipende quindi da una corretta politica di trattamento dei dati: minimizzazione delle informazioni raccolte, separazione tra identificativi personali e contenuti

analitici, anonimizzazione o pseudonimizzazione dei dataset, definizione dei tempi di conservazione, controllo delle condivisioni, scelta consapevole delle piattaforme utilizzate per l'analisi e documentazione delle basi giuridiche del trattamento. Nel quadro europeo, il GDPR richiede valutazione del rischio, adeguate misure di sicurezza e, nei casi di rischio elevato per diritti e libertà delle persone fisiche, una valutazione d'impatto sul trattamento[7].

Un quinto nodo riguarda il ruolo del progettista. L'analisi assistita da modelli linguistici produce valore quando entra in un circuito di interpretazione guidata, nel quale il ricercatore costruisce il dataset, formula i prompt, verifica gli output, confronta i risultati e riconduce le configurazioni informative al contesto spaziale del progetto. In questa relazione il progettista non svolge una funzione residuale. Il progettista costruisce la tassonomia del questionario, decide la granularità delle categorie, valuta il significato dei pattern emersi, pesa le divergenze tra gruppi di utenti e traduce gli insight in ipotesi di progetto. La letteratura internazionale su human-centred AI e human–AI collaboration converge su un punto: i sistemi più affidabili sono quelli in cui l'automazione si colloca entro un processo di supervisione, contestualizzazione e validazione umana ben definito[8].

Dentro questo quadro critico emerge anche un vantaggio metodologico di particolare rilievo. La trasformazione delle indagini partecipative in dataset strutturati introduce una proprietà che i metodi analogici hanno storicamente gestito con maggiore difficoltà: la comparabilità. Workshop, assemblee e interviste producono spesso report sintetici, verbali, mappe concettuali e restituzioni descrittive utili al singolo processo decisionale, ma meno adatte alla costruzione di archivi omogenei confrontabili tra progetti, luoghi e tempi diversi. La standardizzazione dei questionari, la codifica

delle variabili e la schedatura dei contenuti testuali rendono invece possibile la costruzione di archivi cumulativi delle preferenze espresse dagli utenti[9].
Da questo punto di vista, la combinazione tra dataset strutturati e modelli linguistici apre una prospettiva di ricerca particolarmente promettente. La comparabilità tra questionari raccolti in tempi diversi e in contesti progettuali differenti consente di osservare continuità e trasformazioni delle preferenze d'uso dello spazio, di individuare emergenze ricorrenti, di confrontare bisogni espressi in quartieri o tipologie abitative diverse e di costruire mappe progressive delle esigenze degli utenti nel tempo[10]. Il vantaggio non riguarda soltanto la quantità di dati archiviabili; riguarda la possibilità di passare da una partecipazione episodica a una partecipazione cumulativa, nella quale ogni nuova indagine contribuisce ad ampliare un'infrastruttura conoscitiva comparabile. In questo senso la schedatura sistematica delle preferenze e la loro analisi tramite modelli linguistici rendono possibile una forma di osservazione di lungo periodo delle pratiche abitative, utile sia al singolo progetto sia alla costruzione di una conoscenza più ampia sulle dinamiche dell'abitare contemporaneo. Le ricerche recenti su LLM, partecipazione e pianificazione mostrano che uno dei contributi più rilevanti di questi strumenti consiste proprio nella capacità di organizzare, rendere interrogabili e restituire in forma comparabile grandi insiemi di contributi testuali provenienti da comunità e stakeholder[11].

La condizione di validità del metodo risiede quindi in un equilibrio preciso. Da una parte, qualità del dataset, chiarezza della struttura informativa, controllo dei prompt, verifica degli output, tutela dei dati personali e regia interpretativa del progettista definiscono l'affidabilità dell'analisi. Dall'altra, la stessa infrastruttura digitale rende disponibile un vantaggio che i processi analogici hanno prodotto in forma

meno cumulativa: la possibilità di costruire archivi confrontabili delle preferenze, mappe evolutive dei bisogni e serie temporali delle trasformazioni d'uso dello spazio.

1 Zhou (2025)
2 Kitchin (2014)
3 Bommasani et al. (2021)
4 Batty (2013)
5 Pan et al. (2025)
6 Bender et al. (2021)
7 NIST (2024)
8 Parlamento europeo (2016)
9 Shneiderman (2022)
10 Zhang, Zheng (2025)
11 Raymond et al. (2025)

3.7.7 STRUMENTI GENERATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

La costruzione di una piattaforma sperimentale consente di organizzare la raccolta dei dati, strutturare le informazioni, attivare procedure di analisi assistita da modelli linguistici e restituire output utili al processo progettuale. In questa fase la ricerca passa dal livello metodologico al livello operativo. Il tema riguarda la definizione di un ambiente applicativo nel quale i dati raccolti dagli utenti vengono trattati come input di una filiera digitale orientata alla formulazione di indicazioni progettuali.
La piattaforma sviluppata nel corso della ricerca ha una funzione precisa: trasformare le informazioni raccolte attraverso questionari in un dataset, interrogabile e progressivamente riutilizzabile.[1] Il software costituisce un'infrastruttura di raccolta, organizzazione e restituzione dei dati derivanti dai moduli partecipativi. La piattaforma è progettata per verificare la possibilità di trattare le preferenze espresse dagli utenti all'interno di una pipeline digitale che collega partecipazione, analisi dei dati e supporto alla progettazione.Il sistema si colloca quindi nel punto di intersezione tra human-centred AI, data-informed design e processi di early-stage design support, ambiti nei quali la letteratura recente mostra una crescente attenzione verso strumenti in grado di organizzare dati eterogenei e restituire insight progettuali interpretabili.[2]

Costruzione della piattaforma sperimentale

Il prototipo è stato sviluppato come applicazione web eseguita in ambiente locale. La piattaforma è composta da un'interfaccia utente per la compilazione dei moduli, da un pannello amministrativo per la gestione delle domande e degli utenti registrati, da un database delle risposte e da un livello di integrazione con servizi esterni di elaborazione linguistica.
L'organizzazione del sistema segue una logica modulare: ogni componente svolge una funzione distinta all'interno di una se-

quenza operativa composta da raccolta del dato, normalizzazione, archiviazione, analisi e restituzione.
Questa struttura consente di tracciare e registrare gli utilizzi della piattaforma, rendendo possibile la costruzione di una memoria storica delle preferenze espresse dagli utenti, delle attitudini rilevate in relazione ai contesti territoriali, delle tendenze osservabili nel tempo e delle differenze tra categorie di partecipanti, rendendo possibile il confronto tra vari progetti.
Il primo passaggio della costruzione del sistema ha riguardato la definizione dei moduli di raccolta. La piattaforma è organizzata attorno a tre sezioni principali: User Analysis, Daily Life e Desire Research. Questa tripartizione non ha una funzione soltanto organizzativa. Definisce tre famiglie di dati differenti e complementari. La prima sezione registra informazioni relative al profilo dell'utente; la seconda raccoglie dati sulle pratiche quotidiane e sulle modalità d'uso dello spazio; la terza concentra l'attenzione sulle preferenze progettuali espresse in modo diretto.

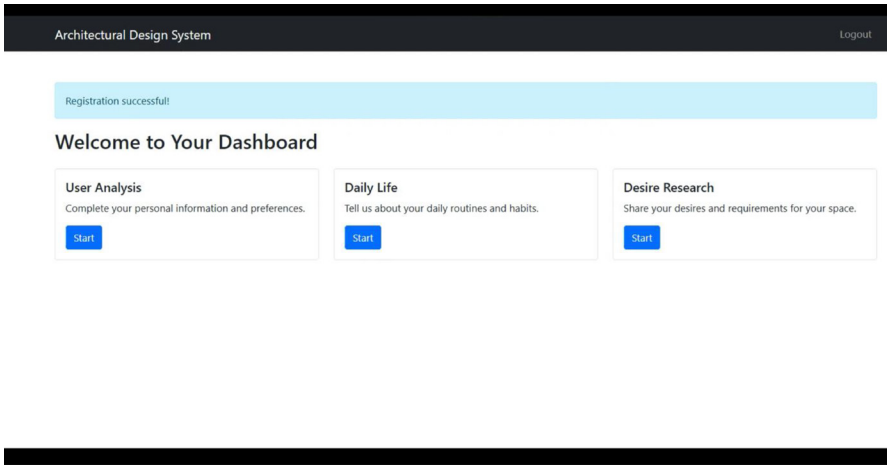


Figura 3.19
Dashboard iniziale della piattaforma con i tre moduli principali di raccolta dati: User Analysis, Daily Life e Desire Research.
Fonte: immagine del software, elaborazione dell'autore.

La scelta di articolare il sistema in moduli distinti risponde a una esigenza metodologica già nei capitoli precedenti: evitare dataset piatti, nei quali tutte le informazioni confluiscono in un'unica matrice indifferenziata. La distinzione per moduli permette invece di mantenere leggibile la provenienza del dato e di conservare, anche nella fase di analisi, la differenza tra dati anagrafici, pratiche d'uso e preferenze spaziali. Questo punto è essenziale, perché consente di costruire relazioni tra categorie di utenti, abitudini e aspettative progettuali.

Architettura del sistema e pipeline di elaborazione

Il funzionamento del sistema può essere descritto come una pipeline a più stadi. L'utente inserisce i dati nei questionari partecipativi, le risposte vengono registrate nei moduli del software e organizzate in un dataset che vine sottoposto a operazioni di pulizia, normalizzazione e ricodifica delle variabili. A questo punto si aprono due possibilità analitiche. La prima riguarda una lettura statistica ed esplorativa del dataset. La seconda riguarda l'interrogazione linguistica dei dati tramite prompting e modelli LLM. Le due vie non coincidono, ma possono lavorare in parallelo. Il prompting non è una fase obbligatoria del sistema, è una modalità di interrogazione aggiuntiva che amplia la capacità di leggere campi testuali, cluster di preferenze e relazioni tra risposte.

Questa organizzazione è coerente con l'impostazione più recente degli strumenti di elaborazione linguistica in ambito applicativo. Le API dei modelli di OpenAI, utilizzano autenticazione tramite API key, trasmessa via HTTP Bearer authentication, e consentono di inviare input testuali strutturati verso endpoint dedicati alla generazione di risposte. La documentazione raccomanda inoltre di mantenere le chiavi in ambiente server-side o in sistemi di gestione sicura delle credenziali, evitando esposizione lato client.[3]

Dal punto di vista del software, questa struttura implica una distinzione netta tra front-end di raccolta dati e livello di elaborazione. Il front-end gestisce la relazione con l'utente. Il livello applicativo intermedio organizza i dati e prepara il contenuto da inviare al modello. Il livello di integrazione API attiva l'elaborazione linguistica e riporta il risultato alla piattaforma in forma leggibile. Questa organizzazione consente di tenere separati input utente, dataset persistente e analisi generata dal modello

Struttura dei moduli partecipativi

Il modulo User Analysis raccoglie informazioni generali relative al profilo dell'utente. Tra le variabili considerate rientrano età, altezza, struttura fisica, professione e stato civile. Questi dati consentono di contestualizzare le preferenze espresse nei moduli successivi, permettendo di interpretare le risposte alla luce delle caratteristiche individuali dei partecipanti.

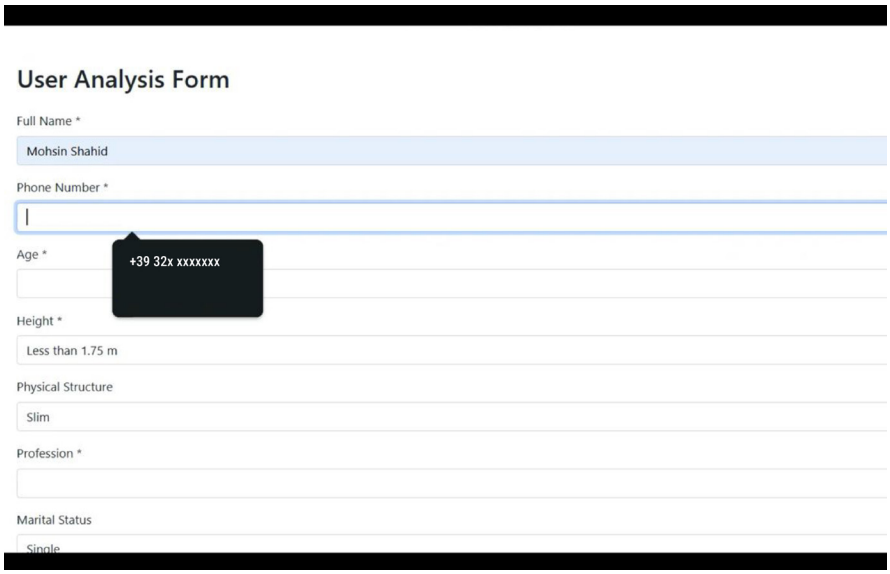


Figura 3.20
Interfaccia del modulo User Analysis.
Fonte: immagine del software, elaborazione dell'autore.

Il modulo Daily Life raccoglie informazioni relative alle pratiche quotidiane di utilizzo dello spazio. Le domande possono riguardare, ad esempio, l'organizzazione delle attività domestiche, la gestione dello storage, la presenza di spazi dedicati al bucato, l'organizzazione della cucina, l'uso degli elettrodomestici e altri aspetti collegati alle abitudini d'uso degli ambienti. Le variabili considerate non sono predeterminate, ma possono essere adattate in funzione del contesto progettuale e della tipologia di intervento, includendo sia ambiti residenziali sia spazi pubblici o servizi collettivi. In termini progettuali questa sezione consente di tradurre le pratiche d'uso dello spazio in informazioni osservabili e comparabili all'interno del dataset.

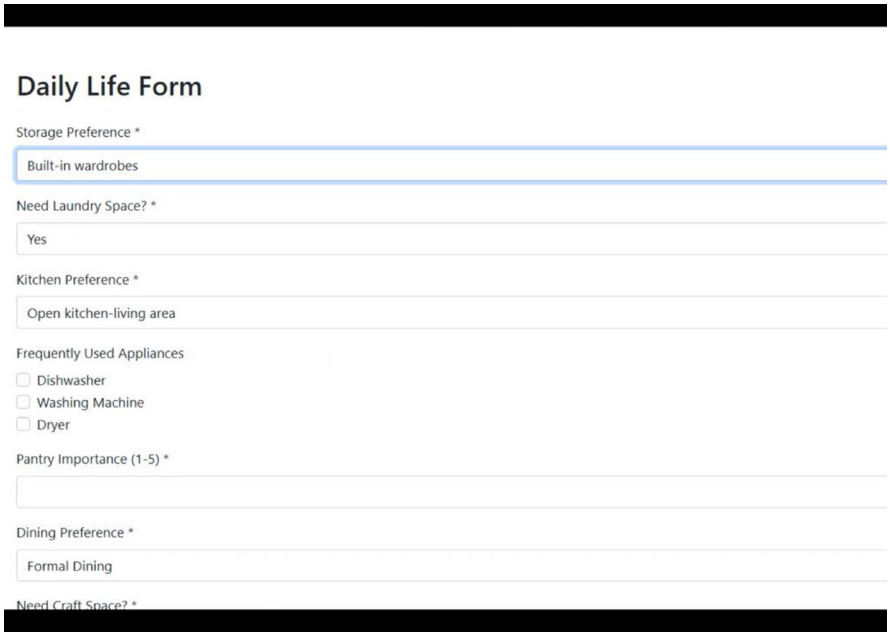


Figura 3.21
I Interfaccia del modulo Daily Life.
Fonte: immagine del software, elaborazione dell'autore.

Il modulo Desire Research costituisce la sezione più direttamente orientata alla dimensione progettuale. In questa parte del questionario vengono raccolte informazioni relative alle preferenze espresse dagli utenti rispetto alle caratteristiche dello spazio da realizzare o trasformare. Le domande possono riguardare, ad esempio, il tipo di spazio richiesto, le preferenze stilistiche, i materiali ritenuti più appropriati, eventuali colori indesiderati, il grado di flessibilità degli ambienti, la presenza di spazi ricreativi o collettivi e la qualità ambientale percepita come desiderabile. Il modulo prevede inoltre la possibilità di inserire note libere attraverso le quali l'utente può specificare esigenze particolari o formulare osservazioni aggiuntive.

Le informazioni raccolte in questa sezione permettono di integrare i dati relativi alle pratiche d'uso dello spazio con indicazioni più esplicitamente progettuali, rendendo possibile l'analisi delle preferenze espresse dagli utenti in relazione alle scelte spaziali, materiche e funzionali.

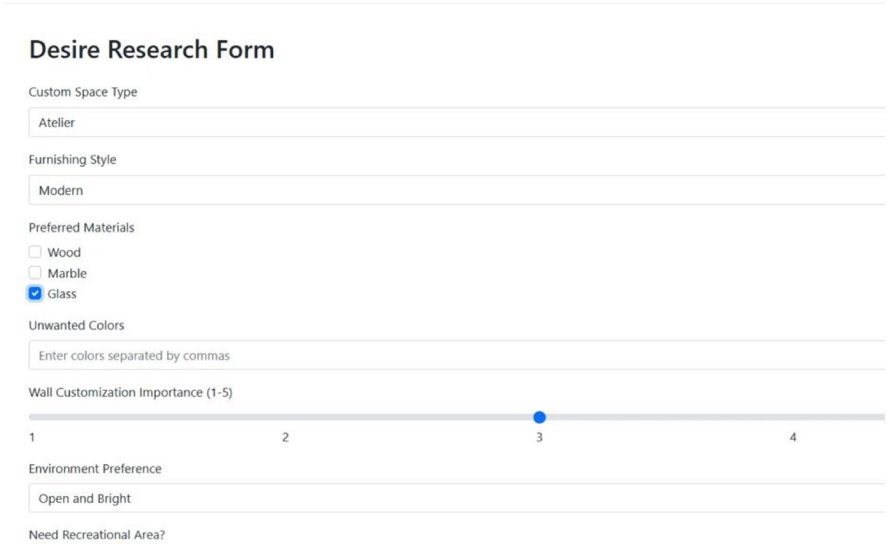


Figura 3.22
Interfaccia del modulo Desire Research.
Fonte: immagine del software, elaborazione dell'autore.

La costruzione dei moduli segue una logica metodologica basata sull'organizzazione delle informazioni raccolte. Le domande non sono presentate come un elenco di preferenze formali, ma distribuite su tre livelli informativi: il profilo dell'utente, le pratiche di utilizzo dello spazio e le preferenze espresse rispetto al progetto. Questa articolazione consente di mettere in relazione dati descrittivi, pratiche d'uso e aspettative progettuali. La struttura multilivello del questionario rende il dataset idoneo a successive procedure di analisi assistita da modelli linguistici (LLM).

Architettura tecnica della piattaforma e integrazione delle API OpenAI

La piattaforma comprende un pannello di amministrazione che consente di modificare le domande, gestire i moduli e visualizzare gli utenti registrati. Gli screenshot mostrano una sezione di user management, una sezione di editing delle domande e una vista di dettaglio dell'utente, nella quale i dati raccolti dai moduli vengono ricomposti in un'unica scheda. Questo assetto conferma che il sistema è stato costruito come applicazione web con una separazione fra interfaccia di compilazione e interfaccia di amministrazione.

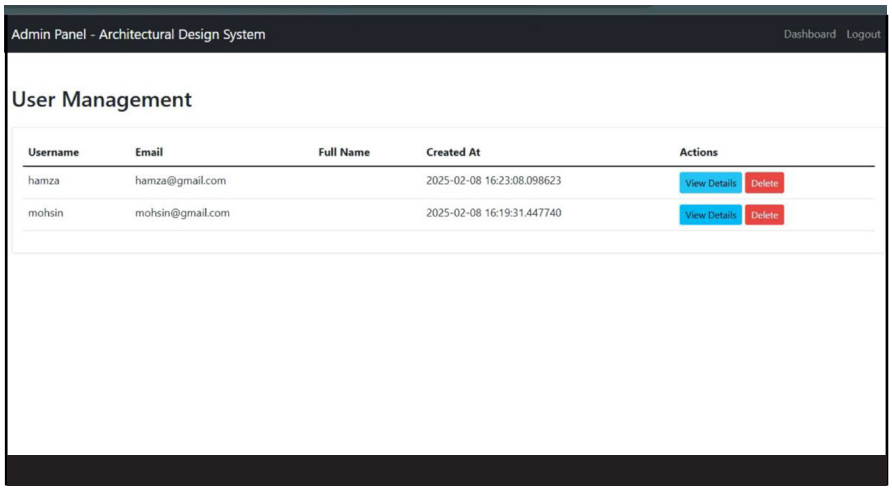


Figura 3.23
Pannello amministrativo per la gestione degli utenti e delle domande del questionario.
Fonte: immagine del software, elaborazione dell'autore

Dal punto di vista tecnico, la piattaforma integra i modelli GPT di OpenAI attraverso API key acquistate e utilizzate per attivare il servizio di elaborazione linguistica. Sul piano strutturale significa che il software invia richieste dal livello applicativo verso l'API del modello, allegando una chiave di autenticazione e un contenuto strutturato che include prompt e dati pertinenti. La risposta restituita dal modello viene poi trattata come output testuale da mostrare nel sistema oppure da impiegare nella costruzione della restituzione finale. La documentazione ufficiale di OpenAI descrive questo flusso come una normale chiamata REST au-

tenticata, nella quale l'applicazione invia input e riceve un output generato dal modello.[4]
Nel caso della piattaforma sviluppata nella ricerca, l'integrazione API ha due implicazioni centrali. La prima riguarda la possibilità di trattare campi aperti, preferenze complesse e combinazioni di risposte che sarebbero difficili da leggere con una procedura esclusivamente tabellare. La seconda riguarda la possibilità di trasformare il dataset in una sorgente interrogabile in linguaggio naturale. In termini operativi il software può quindi utilizzare il modello per sintetizzare preferenze, riconoscere relazioni semantiche tra variabili e generare una descrizione coerente della configurazione richiesta.

Questa componente del sistema riguarda l'organizzazione delle informazioni raccolte e si distingue dalla semplice compilazione dei moduli. Il prototipo è progettato per strutturare i dati in una forma compatibile con le successive fasi di elaborazione e analisi.Il passaggio dalla risposta dell'utente al dataset leggibile dal modello richiede infatti una fase intermedia di data processing: pulizia dei valori, controllo di coerenza, ricodifica delle scelte chiuse, gestione dei campi vuoti, uniformazione delle etichette e ricomposizione dei risultati in una struttura stabile. Senza questa fase il prompting produrrebbe output fragili e poco confrontabili.

Processo di elaborazione e generazione dei risultati

La piattaforma restituisce un output finale articolato in diverse componenti informative. Tra queste rientrano le graficizzazioni delle preferenze emerse dall'analisi dei dati, le sintesi testuali generate a partire dalle interrogazioni del sistema, le risposte prodotte attraverso i prompt di analisi e una prima bozza di relazione tecnica. Quest'ultima viene elaborata a partire dalle informazioni inserite nei moduli e dagli elaborati progettuali caricati nel sistema. In questo modo la piattaforma integra la restituzione analitica dei dati con una prima organizzazione delle informazioni utili al processo progettuale.

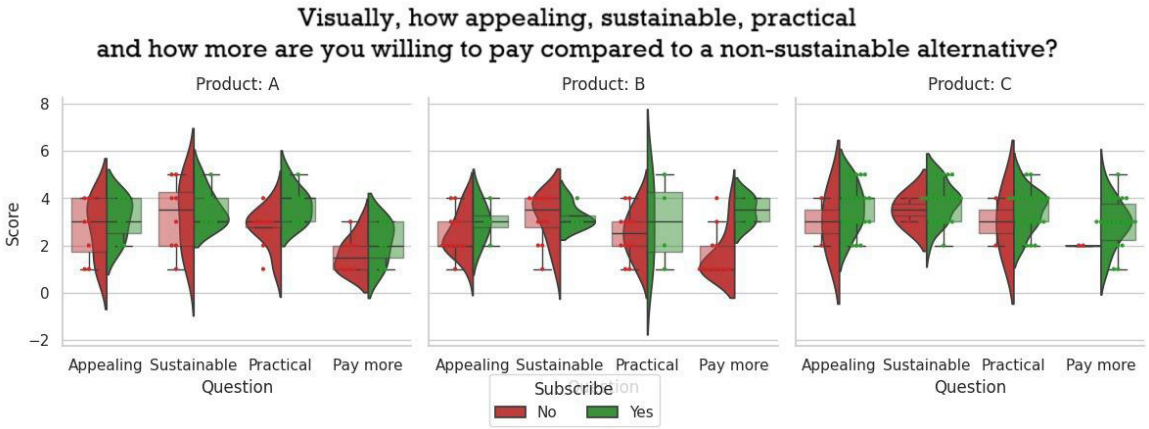


Figura 3.24
Esempio di graficizzazione dei dati derivante dall'analisi di un dataset.
Fonte: Autore, Gruppo Cyber Punk, Micsathlon 2025 (1° classificato).

Il flusso di generazione dei risultati può essere descritto in cinque passaggi. Il primo passaggio riguarda la raccolta dei dati nei moduli. Il secondo riguarda la strutturazione del dataset. Il terzo riguarda il trattamento dei dati e la preparazione dell'input per il modello. Il quarto riguarda la chiamata al modello LLM tramite API. Il quinto riguarda la restituzione di un output progettuale in forma testuale e, nei casi documentati dal prototipo, di una rappresentazione grafica associata.

Qui va chiarito un aspetto importante. Il sistema, produce soprattutto una configurazione interpretativa: organizza le preferenze e le restituisce come descrizione coerente di una soluzio-

ne spaziale. La qualità dell'output dipende quindi dalla capacità del modello di integrare i dati del questionario e di trasformarli in una descrizione progettuale leggibile. In questo passaggio il prompting ha una funzione determinante. Il prompt orienta il modello verso un tipo di risposta specifico: descrizione funzionale, sintesi distributiva, elenco di priorità, schema di organizzazione dello spazio. Senza questa istruzione il modello tende a produrre testi più generici.

Questa fase si colloca in continuità con le considerazioni metodologiche sviluppate nei capitoli precedenti. L'LLM viene utilizzato come strumento di mediazione tra il dataset e il linguaggio progettuale. Il suo impiego consente di individuare correlazioni, preferenze e combinazioni di esigenze che il progettista può successivamente considerare nella definizione del quadro distributivo.

Implicazioni per il progetto e limite tecnico del prototipo

Il contributo principale della piattaforma riguarda la possibilità di costruire una filiera coerente tra partecipazione, dataset e supporto al progetto. Il sistema permette di raccogliere dati in modo standardizzato, archiviarli in una struttura confrontabile, attivare una lettura semantica e restituire un output utile alla fase preliminare del progetto. In termini di ricerca questo risultato mostra come la partecipazione può essere trattata come sorgente di informazione, non solo come fase consultiva priva di continuità analitica.
La piattaforma apre una prospettiva cumulativa già anticipata nei capitoli precedenti.

Ogni compilazione alimenta un archivio potenzialmente confrontabile con altri casi. Questa proprietà rende possibile, nel tempo, una mappatura delle preferenze e una lettura comparativa di andamenti ricorrenti tra gruppi di utenti, programmi funzionali e contesti differenti. La letteratura recente sulle applicazioni dei LLM in urban planning e participatory design insiste proprio sul valore di questi sistemi nella gestione di grandi quantità di contributi testuali, nella loro organizzazione e nella restituzione di insight utilizzabili all'interno di processi decisionali complessi.[5]
Il limite tecnico del prototipo emerge con chiarezza quando si tenta di spostare il sistema dal piano descrittivo al piano della generazione geometrica.[6] Gli esperimenti di produzione automatica di una ristrutturazione planimetrica non hanno portato a un risultato soddisfacente. La ragione è tecnica e riguarda la natura del modello utilizzato. Le API di OpenAI impiegate nel prototipo sono basate su large language models.[7] Questi modelli lavorano sul linguaggio, su strutture simboliche e su relazioni testuali. La generazione diretta di layout architettonici richiede invece modelli dedicati alla sintesi spaziale e geometrica. La ricerca più re-

cente sulla generazione di floorplan mostra infatti il ruolo di architetture specifiche, comprese soluzioni GAN-based e diffusion-based, costruite per operare su rappresentazioni spaziali e non solo su prompt linguistici.[8]

Questo punto non riduce il valore del sistema sviluppato. Definisce con precisione il suo campo operativo. La piattaforma costruita nella ricerca è un sistema di supporto alla progettazione, non un motore autonomo di generazione planimetrica. Il suo risultato più solido riguarda la capacità di raccogliere dati degli utenti, strutturarli in dataset, leggerli attraverso strumenti linguistici avanzati e restituire configurazioni informative utili alla fase preliminare del progetto. In questo senso il prototipo costituisce una base credibile per futuri sviluppi nei quali modelli linguistici, sistemi di analisi dati e motori di generazione spaziale potranno essere integrati entro una stessa infrastruttura.

1 Pan et al. (2025)
2 Zhang, Zheng (2025)
3 OpenAI
4 OpenAI
5 Zhou et al. (2024)
6 Yan et al. (2025)
7 Bommasani et al. (2021)
8 Liu et al. (2025)

GENERAZIONE MODELLI

3.8 MODELLI GENERATIVI E INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

La strutturazione dei dati, la loro analisi mediante modelli linguistici e l'individuazione di pattern interpretativi descritta nei paragrafi precedenti introduce una fase successiva del processo: l'utilizzo di queste informazioni come base per sistemi di generazione spaziale. In questo contesto il dataset assume il ruolo di infrastruttura informativa capace di alimentare procedure progettuali orientate alla definizione di configurazioni architettoniche. Il passaggio è rilevante perché trasferisce il dato raccolto dagli utenti da un piano descrittivo a un piano operativo, nel quale preferenze, pratiche d'uso, relazioni funzionali e priorità spaziali possono essere tradotte in vincoli, parametri o criteri di generazione[1].

La crescente disponibilità di dati, insieme alla diffusione di sistemi di calcolo capaci di elaborare grandi quantità di informazioni, ha modificato il quadro entro cui si collocano i processi decisionali contemporanei. Manuel Castells ha descritto questa condizione come il passaggio a una network society, nella quale le relazioni sociali, economiche e produttive si organizzano sempre più attraverso flussi informativi e connessioni immateriali[2]. All'interno di questo quadro, l'intelligenza artificiale viene oggi interpretata, anche in ambito europeo, come una tecnologia abilitante capace di produrre previsioni, raccomandazioni o decisioni sulla base dei dati disponibili e degli obiettivi assegnati[3].
Nel settore delle costruzioni questa traiettoria incontra un contesto storicamente segnato da frammentazione informativa, ritardi, perdita di dati tra le fasi di processo e difficoltà di integrazione tra discipline. La digitalizzazione del progetto, sostenuta dapprima dalla diffusione del Building Information Modeling e successivamente dall'introduzione di logiche decisionali data-driven, ha progressivamente reso più evidente

il valore strategico dell'informazione progettuale. Il progetto viene così interpretato come un sistema informativo complesso, nel quale dati geometrici, prestazionali, funzionali, ambientali e processuali concorrono alla definizione delle scelte. In questo quadro l'intelligenza artificiale si colloca come dispositivo di supporto alla lettura, alla correlazione e alla generazione di configurazioni compatibili con un insieme di obiettivi esplicitati a monte del processo[4].

Il rapporto tra progettazione e computazione è oggetto di riflessione nella ricerca sui metodi di progetto sin dagli anni Sessanta. In questo periodo la formulazione di una scienza della progettazione ha condotto alla definizione di procedure, modelli e strumenti finalizzati a rendere esplicita la struttura decisionale del processo progettuale. In questo ambito Nigel Cross ha descritto il design thinking come una specifica modalità di intelligenza progettuale, mentre Jeannette Wing ha introdotto il concetto di computational thinking per indicare la capacità di scomporre i problemi in procedure logiche trattabili dalla computazione. Studi successivi hanno evidenziato come questi due registri operino in modo complementare, all'interno di un modello nel quale intuizione progettuale, giudizio critico e formalizzazione algoritmica interagiscono nel processo di progettazione. Questa distinzione è particolarmente utile per comprendere il ruolo dei modelli generativi. Il progetto di architettura si fonda su attività di interpretazione, selezione, gerarchizzazione e valutazione che appartengono alla sfera della decisione critica. Accanto a queste operazioni, esistono però segmenti del processo nei quali la computazione può intervenire con elevata efficacia: organizzazione dei dati, simulazione di scenari, confronto tra alternative, esplorazione di configurazioni spaziali, verifica rispetto a vincoli espliciti. In questo senso il progetto può essere letto come data-process, vale a dire come processo nel quale la qualità dell'esito dipende anche dalla capacità di trattare in modo sistemico le informa-

zioni che lo caratterizzano. È proprio su questo terreno che la presente ricerca si colloca: i dati raccolti mediante moduli e questionari vengono assunti come come base informativa potenzialmente trasferibile a sistemi di generazione.

Per comprendere questo passaggio è necessario chiarire il funzionamento generale dei modelli generativi. In termini essenziali, questi sistemi apprendono la struttura di un insieme di esempi e producono nuove configurazioni coerenti con le relazioni apprese durante il training. Il loro comportamento dipende quindi dalla qualità del dataset, dalla sua organizzazione, dalla natura delle etichette e dalla forma degli input. Nel campo architettonico questo significa che il modello può apprendere distribuzioni spaziali ricorrenti, schemi di adiacenza, relazioni funzionali tra ambienti, proporzioni dimensionali o configurazioni planimetriche, purché tali informazioni siano tradotte in una base dati leggibile dalla macchina.Una parte di questa base dati può provenire direttamente dagli utenti e riguarda informazioni relative alle pratiche quotidiane, alle richieste funzionali e alle preferenze distributive. Tra queste rientrano, ad esempio, esigenze di flessibilità degli spazi, priorità legate alla privacy, alla presenza di ambienti per il lavoro domestico, alle modalità di convivialità e all'organizzazione dei servizi domestici, ecc..

Tra gli approcci più significativi in questo ambito vi sono le Generative Adversarial Networks (GAN), introdotte da Goodfellow nel 2014[1]. La loro logica si fonda sull'interazione tra due reti neurali: una rete generatrice, che produce nuovi esempi, e una rete discriminatrice, che valuta la coerenza degli output rispetto ai dati reali del dataset. Attraverso questo confronto iterativo il sistema migliora progressivamente la qualità delle soluzioni generate. In ambito architettonico le GAN sono state sperimentate per la generazione di immagini, facciate, planimetrie, schemi distributivi e configurazioni di arredo. Il valore

di questi sistemi risiede nella capacità di apprendere regolarità da insiemi estesi di dati e di restituire configurazioni plausibili entro un dominio progettuale definito[11].

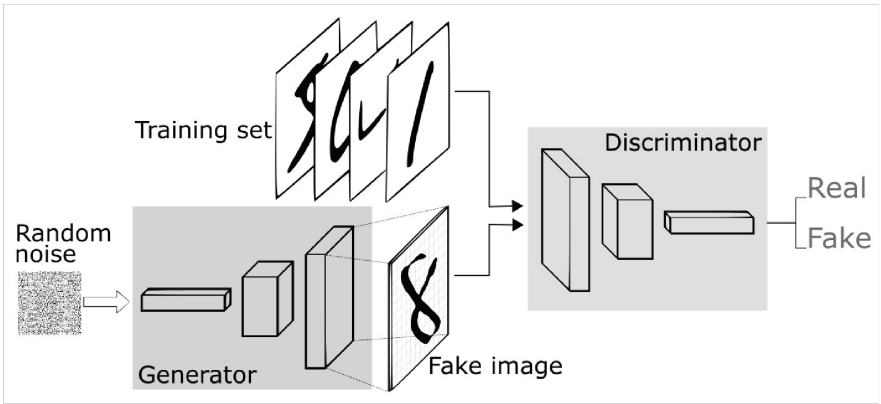


Figura 3.25
Schema di funzionamento di una Generative Adversarial Network (GAN). *Fonte: Stanislas Chaillou, AI + Architecture: Towards a New Approach.*

Un riferimento centrale per questo capitolo è il lavoro di Stanislas Chaillou, che ha proposto una delle ricerche più strutturate sul rapporto tra GAN e generazione architettonica. La sua tesi mostra come la produzione di planimetrie possa essere scomposta in una pipeline di fasi successive, ciascuna affidata a un modello specifico: impronta dell'edificio, distribuzione programmatica, organizzazione degli spazi, arredo. Questa articolazione è particolarmente importante perché rende leggibile il processo generativo e lo avvicina a una logica di progetto per passaggi, piuttosto che a una generazione opaca e monolitica[12]. Nel caso delle planimetrie, Chaillou utilizza modelli di tipo Pix2Pix per generare organizzazioni spaziali a partire da vincoli contestuali quali perimetro, posizione dell'ingresso e aperture. La rilevanza di questo contributo, per la presente ricerca, è duplice: da un lato dimostra la fattibilità della generazione di layout bidimensionali a partire da dati strutturati; dall'altro chiarisce che l'efficacia del sistema dipende dalla definizione del problema, dalla qualità del dataset e dalla segmentazione del processo in fasi coerenti.

Accanto alle GAN, la letteratura colloca anche il Generative Design entro il più ampio spettro degli strumenti di supporto

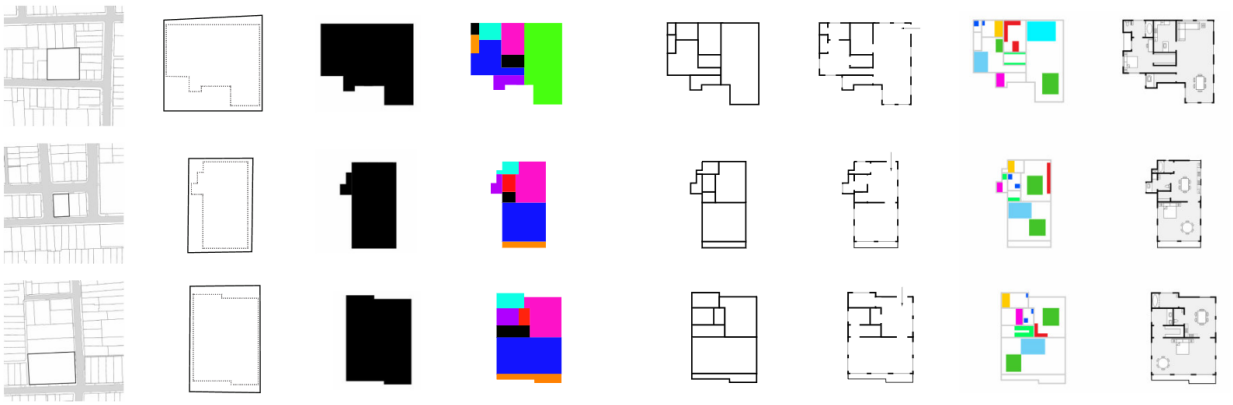


Figura 3.26
Planimetrie generate con modello GAN Pix2Pix a partire da vincoli contestuali relativi al perimetro dell'alloggio e alla posizione degli ingressi e delle aperture.
Fonte: Stanislas Chaillou, AI + Architecture: Towards a New Approach, sezione sui floor plans

decisionale spaziale. In questo caso l'algoritmo produce automaticamente molteplici alternative progettuali entro un insieme di vincoli fissati dal progettista e le classifica secondo la loro rispondenza a obiettivi esplicitati. L'operazione può riguardare aspetti distributivi, prestazionali, energetici, ambientali o funzionali. Se associato a tecniche di apprendimento automatico, questo approccio permette inoltre al sistema di migliorare progressivamente i propri risultati attraverso la generazione e la valutazione di numerose alternative[13]. Il punto metodologico più rilevante consiste nel fatto che la qualità dell'output resta strettamente legata alla fase di problem setting: definizione degli input, esplicitazione dei vincoli, selezione degli obiettivi e costruzione di indicatori computabili. In questo passaggio si colloca il nucleo del controllo progettuale.

Il carattere generativo dell'intelligenza artificiale in architettura deve essere letto entro una distinzione tra automazione e autonomia. I sistemi attuali operano con efficacia entro domini definiti, su problemi formalizzati e rispetto a obiettivi specifici. La loro capacità consiste nell'elaborare dati, individuare relazioni, simulare alternative e produrre configurazioni coerenti con il quadro informativo assegnato. L'attività progettuale continua invece a fondarsi su operazioni di interpretazione semantica, selezione delle informazioni rilevanti, costruzione del problema e valutazione critica degli esiti. Ogni processo di formalizzazione comporta una semplificazione del problema reale; di conseguenza, anche la soluzione computazionalmen-

te più performante rappresenta un'ottimizzazione relativa al modello costruito, e non una soluzione esaustiva della complessità concreta[14]. Questo passaggio consente di collocare i sistemi generativi entro un modello di intelligenza aumentata, nel quale la macchina amplia la capacità esplorativa del progettista mentre la direzione del processo rimane affidata alla decisione progettuale[15].

Alla luce di queste considerazioni, il legame con i capitoli precedenti appare più preciso. Il software sperimentato nella ricerca raccoglie, organizza e interpreta dati provenienti dagli utenti, producendo configurazioni preferenziali e quadri conoscitivi. Il passaggio verso la generazione architettonica consiste allora nella possibilità di tradurre questi risultati in input per modelli capaci di operare su distribuzioni spaziali, relazioni funzionali e configurazioni planimetriche.

I dataset analizzati mediante strumenti statistici e modelli linguistici rappresenta il livello informativo a monte di una possibile pipeline generativa. Il suo valore risiede proprio nel fatto che introduce nel processo di generazione dati che i sistemi correnti trattano raramente in modo esteso: pratiche abitative, desideri d'uso, configurazioni di preferenza, esigenze quotidiane. Su questa base diventa possibile immaginare un'evoluzione del software verso strumenti capaci di produrre non soltanto sintesi e consigli, ma anche ipotesi spaziali coerenti con i dati raccolti.

---

1 Sul passaggio dal dataset descrittivo al dataset operativo nei processi data-driven e sulle implicazioni progettuali dell'organizzazione informativa: Bernstein P., Machine Learning: Architecture in the Age of Artificial Intelligence, RIBA Publishing, London, 2022; Leach N., Architecture in the Age of Artificial Intelligence, Bloomsbury, London, 2021.

2 Castells M., 1996.

3 European Commission, European enterprise survey on the use of technologies based on artificial intelligence: final report, Publications Office of the European Union, 2020.

4 Sul rapporto tra digitalizzazione del settore delle costruzioni, BIM e logiche decisionali data-driven: European Construction Sector Observatory (ECSO), Digitalisation in the construction sector, 2021; European Construction Technology Platform (ECTP), Artificial Intelligence – Research and Innovation Needs for the Construction and Built Environment Sector, 2018.

5 Sulla ricerca sui design methods e sulla formalizzazione del processo progettuale: Rittel H.W., Webber M.M., "Dilemmas in a General Theory of Planning", Policy Sciences, vol. 4, n. 2, 1973, pp. 155–169.

6 Cross N., "Natural Intelligence in Design", Design Studies, vol. 20, n. 1, 1999, pp. 25–39; Wing J., "Computational Thinking", Communications of the ACM, vol. 49, n. 3, 2006, pp. 33–35.

7 Kelly N., Gero J., “Design Thinking and Computational Thinking: A Dual Process Model for Addressing Design Problems”, Design Science, vol. 7, 2021.
8 Ciribini G., 1984;
9 Sul ruolo del dataset, del training e delle rappresentazioni spaziali nella generazione archi tettonica: Lukovich T., “Artificial Intelligence and Architecture: Towards a New Paradigm”, YBL Journal of Built Environment, vol. 8, n. 1, 2023; Sourek M., “Artificial Intelligence: Another Challenge for the Architectural Profession”, 2024.
10 Goodfellow I. et al., “Generative Adversarial Nets”, Advances in Neural Information Proces sing Systems, 2014, pp. 2672–2680.
11 Sui GAN come strumenti di generazione per immagini e layout architettonici: Uzun C., Çolakoğlu M.B., İnceoğlu A., “GAN as a Generative Architectural Plan Layout Tool”, 2020; Nauata N. et al., “House-GAN++: Generative Adversarial Layout Refinement Networks”, 2021.
12 Chaillou S., AI + Architecture: Towards a New Approach, Harvard GSD, 2019; Chaillou S., Artificial Intelligence and Architecture: From Research to Practice, Birkhäuser, 2022.
13 Sul generative design e sull’ottimizzazione spaziale in architettura: Villaggi L., Nagy D., “Ge nerative Design for Architectural Space Planning”, Autodesk Research, 2017; Debney P. et al., “Advanced Applications in Computational Design”, in Bolpagni M., Gavina R., Ribeiro D. (a cura di), Industry 4.0 for the Built Environment, Springer, Cham, 2022, pp. 77–102.
14 Simon H.A., The Sciences of the Artificial, 3rd ed., MIT Press, Cambridge (MA), 1996; Pearl J., Mackenzie D., The Book of Why, Basic Books, New York, 2018.
15 Leach N., 2021; Tegmark M., Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence, Pen guin Books, London, 2018.

3.8.1 SISTEMI GENERATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Lo sviluppo dei modelli generativi descritti nel capitolo precedente ha progressivamente trovato una prima traduzione operativa all'interno di strumenti software destinati alla pratica progettuale. Diverse piattaforme integrano algoritmi di generazione automatica con ambienti di modellazione architettonica, consentendo la produzione di configurazioni spaziali alternative a partire da parametri geometrici, regole distributive e vincoli dimensionali. In questi sistemi la generazione opera come supporto alla fase esplorativa del progetto, permettendo al progettista di valutare rapidamente differenti ipotesi distributive prima dello sviluppo del modello architettonico.

La ricerca si è concentrata sulla costruzione di un'infrastruttura informativa finalizzata alla raccolta, alla strutturazione e all'analisi dei dati provenienti dagli utenti. L'implementazione diretta di modelli generativi basati su tecniche di apprendimento automatico richiede infatti dataset di grandi dimensioni, ambienti di calcolo dedicati e una fase di training computazionale estesa. La sperimentazione sviluppata nella tesi si colloca quindi nella fase preliminare di costruzione e organizzazione del dataset, con l'obiettivo di produrre una base informativa utile al supporto delle decisioni progettuali e potenzialmente integrabile con sistemi generativi esistenti.

Il sistema sviluppato nella ricerca raccoglie informazioni relative alle pratiche abitative, alle preferenze distributive e alle modalità di utilizzo degli spazi domestici attraverso moduli e questionari digitali. Questi dati vengono successivamente organizzati e analizzati per restituire indicazioni utili alla progettazione degli interni. In prospettiva, un dataset di questo tipo potrebbe costituire un livello informativo aggiuntivo per i sistemi generativi già presenti sul mercato, che oggi operano prevalentemente su parametri geometrici o normativi.

Per comprendere in che modo questo scenario si stia consolidando nella pratica progettuale, nel corso della ricerca sono stati analizzati diversi software orientati alla generazione automatica di configurazioni spaziali. Tra questi, due strumenti hanno avuto un ruolo significativo nella sperimentazione del processo progettuale applicato ad alcuni casi studio: **Finch3D** e **PlanFinder**. La scelta dei due programmi deriva dalla loro diversa collocazione operativa all'interno del processo.

Finch opera sul rapporto tra massa edilizia, distribuzione dei piani, unit mix e generazione dei floor plan, mantenendo un forte legame con i flussi BIM e con gli ambienti di modellazione. Il sistema consente di esplorare rapidamente configurazioni volumetriche e distributive alternative, mantenendo il collegamento con i parametri dimensionali e con i vincoli del progetto.

PlanFinder si concentra invece sulla generazione rapida di planimetrie residenziali e si configura come un plugin orientato alla produzione di layout di appartamenti all'interno di ambienti di modellazione BIM. Il sistema utilizza regole distributive e vincoli dimensionali per produrre configurazioni planimetriche alternative in tempi molto ridotti.

L'analisi dei due strumenti consente di osservare due modalità differenti di applicazione dei sistemi generativi nel progetto architettonico: da un lato strumenti integrati nel workflow architettonico e orientati alla definizione della struttura volumetrica dell'edificio, dall'altro applicazioni focalizzate sulla configurazione distributiva delle singole unità abitative. Il confronto tra questi approcci permette inoltre di evidenziare alcuni limiti dei sistemi attuali e di individuare possibili sviluppi legati all'integrazione con dataset più ricchi di informazioni.

Finch3D

Finch si presenta come una piattaforma di **generative design per architettura** nella quale intelligenza artificiale, graph technology e algoritmi avanzati vengono utilizzati per ottimizzare il progetto e ampliare il numero di alternative esplorabili.[1] La piattaforma dichiara esplicitamente quattro obiettivi principali: velocità di iterazione, restituzione immediata dei dati quantitativi, verifica di conformità rispetto a regole e limiti, integrazione fluida con gli strumenti già in uso nello studio.[2] Il sito descrive Finch come un "generative copilot" capace di aiutare l'architetto a esplorare rapidamente opzioni differenti e a ottenere "instant numbers" per orientare le decisioni di progetto.

Nel caso dell'integrazione con Rhinoceros (McNeel), l'utente crea un progetto nella web app, carica il plugin all'interno dell'ambiente di modellazione, assegna la geometria alle layer structure di Finch e sincronizza il modello.[3] Il sistema richiede che la massa edilizia sia coerente e unificata, così da poterla leggere come singolo edificio. È possibile aggiungere linee di griglia e altri riferimenti utili alla generazione. Finch restituisce i piani e i dati relativi alla configurazione generata. La documentazione mostra chiaramente che, almeno nel flusso con Rhino, il plugin lavora come un ambiente connesso in cui la massa edilizia viene inviata al sistema, processata e poi riletta dentro il modello con i dati distributivi associati.

La documentazione tecnica chiarisce anche un secondo aspetto importante: Finch lavora sulla generazione di **unit mix e floor plans** e sulla loro successiva esportazione. Nel flusso di ritorno verso Rhino, il sistema può importare dati 2D e 3D organizzati per layer: muri esterni, muri interni, arredi, tipi di spazio, etichette e, in 3D, anche le divisioni interne e i piani delle unità.[5] Questo dato è rilevante per la tesi, perché mostra che la generazione non si arresta a una configurazione schematica, ma produce materiale già utile per proseguire modellazione, visualizzazione, clash checking o documentazione. La piattaforma

prevede inoltre l'esportazione verso strumenti di rendering e visualizzazione come Enscape, Twinmotion e V-Ray.

L'integrazione con Revit segue invece una logica diversa. La documentazione ufficiale specifica che il collegamento Finch–Revit è **unidirezionale**: l'utente carica una massa vuota, lavora sugli interni in Finch e, quando la variante è pronta, scarica un modello BIM.[4] Le modifiche apportate al BIM scaricato non ritornano a Finch; eventuali variazioni richiedono una nuova iterazione dalla massa iniziale. Questa distinzione è metodologicamente importante perché chiarisce che Finch si comporta come uno strumento generativo collocato tra la fase di massing e quella di sviluppo informativo. In altri termini, il software è particolarmente efficace nella fase preliminare, quando è ancora utile lavorare sulla configurazione dell'organismo edilizio e sulla distribuzione delle unità.Dal punto di vista dell'interfaccia, Finch appare organizzato attorno a tre elementi principali: area di visualizzazione del progetto, sistema di gestione delle varianti e pannelli di controllo relativi a progetto, plugin e dati quantitativi. L'interazione è costruita per favorire modifiche rapide e lettura immediata degli effetti spaziali e numerici delle scelte. Questo punto va sottolineato perché il valore di Finch risiede nella costruzione di un ambiente che rende la generazione compatibile con il tempo e con il ritmo decisionale dell'architetto.

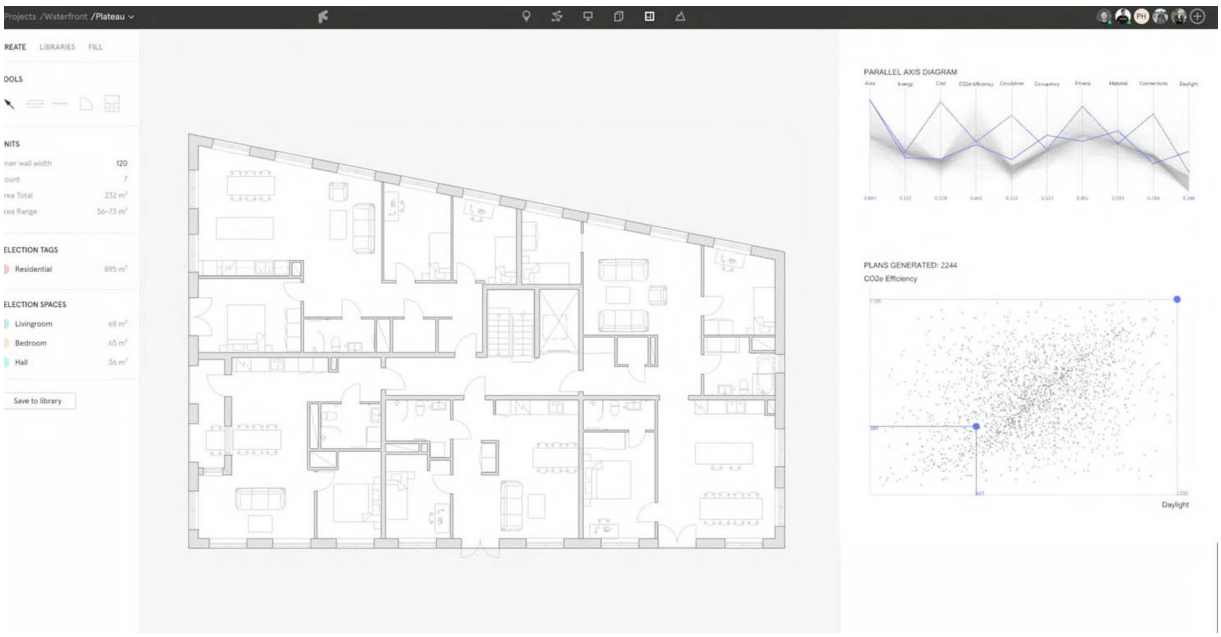


Figura 3.27
Interfaccia del sistema Finch3D durante la generazione e l'ottimizzazione di configurazioni edilizie. *Fonte: materiale ufficiale Finch, homepage e documentazione tecnica. (Finch – Optimizing Architecture*

PlanFinder

PlanFinder si colloca su un livello diverso del processo e si presenta come plugin per Rhino, Grasshopper e Revit orientato alla generazione rapida di planimetrie. La descrizione pubblica del prodotto lo presenta come un software progettato per “draw floorplans quicker”, con disponibilità esplicita nei tre ambienti indicati.6 Questa impostazione lo rende particolarmente pertinente rispetto al tema della ricerca, poiché il suo campo di applicazione riguarda direttamente la distribuzione degli interni e la configurazione del layout degli spazi.

Se Finch lavora sul rapporto tra massa edilizia, piani e organizzazione delle unità, PlanFinder risulta invece orientato in modo più specifico alla produzione della planimetria residenziale. Il valore del programma risiede nella possibilità di esplorare rapidamente diverse configurazioni distributive compatibili con un insieme iniziale di vincoli geometrici e funzionali.
Dal punto di vista operativo, il sistema richiede generalmente la definizione di alcuni input iniziali, tra cui il perimetro dell’alloggio, la posizione degli accessi e il numero di ambienti richiesti. A partire da questi dati, l’algoritmo genera automaticamente diverse configurazioni planimetriche che rispettano le regole distributive impostate. Le soluzioni prodotte possono essere importate nell’ambiente di modellazione e successivamente modificate manualmente dal progettista, che mantiene il controllo sul processo decisionale finale.
Il software si presenta come un plugin compatibile con ambienti di progettazione ampiamente utilizzati nella pratica architettonica, tra cui Rhino, Grasshopper e Revit. Questa integrazione lo colloca all’interno di un ecosistema di strumenti già consolidato nel workflow progettuale e ne facilita

l'impiego come supporto nelle prime fasi di definizione delle configurazioni spaziali.

Dal punto di vista dell'interfaccia e delle modalità di utilizzo, PlanFinder si configura come un ambiente operativo orientato alla generazione di configurazioni planimetriche. Il sistema produce soluzioni distributive che possono essere utilizzate come base di lavoro all'interno del processo progettuale, concentrandosi sulla definizione dell'organizzazione interna dello spazio, cioè nella fase in cui preferenze degli utenti, pratiche d'uso ed esigenze distributive assumono un ruolo determinante nella configurazione del layout.

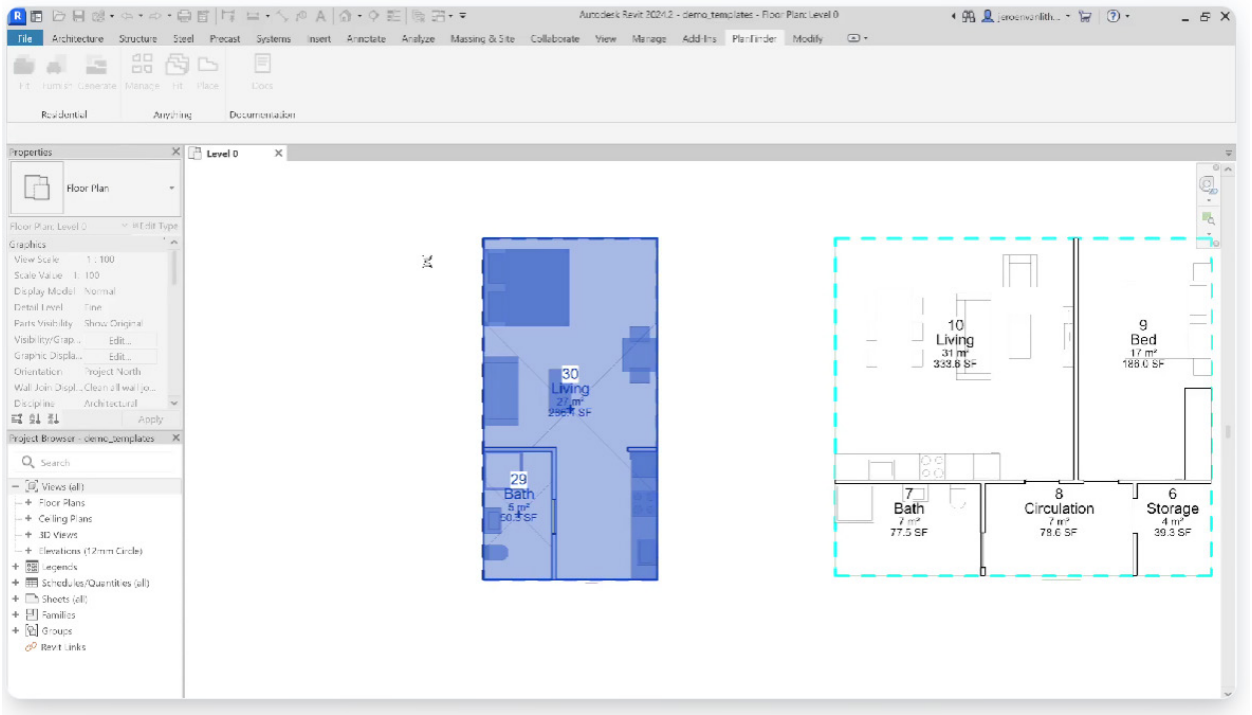


Figura 3.28
Interfaccia del plugin PlanFinder per la generazione rapida di planimetrie residenziali.
Fonte: materiale ufficiale Plan Finder, pagina di distribuzione del plugin.
(PlanFinder)

Un possibile sviluppo in relazione alla presente ricerca

L'analisi di Finch e PlanFinder chiarisce un punto centrale per questa tesi. I sistemi generativi oggi disponibili sono già in grado di produrre varianti distributive e configurazioni spaziali con una notevole rapidità. Il loro limite, rispetto agli obiettivi qui perseguiti, non riguarda tanto la qualità geometrica dell'output, quanto la struttura dell'input. Questi strumenti operano soprattutto su masse edilizie, parametri dimensionali, regole distributive, dati quantitativi e vincoli normativi. La piattaforma sviluppata nella presente ricerca introduce invece un altro tipo di dato: un dataset costruito a partire dagli utenti, dalle loro pratiche e dalle loro preferenze.

L'integrazione di questo tipo di dati all'interno di sistemi generativi come Finch o PlanFinder potrebbe arricchire il processo di generazione architettonica introducendo variabili che oggi risultano raramente considerate nei software disponibili sul mercato: relazioni tra attività quotidiane, priorità di privacy, modalità di utilizzo della cucina, necessità di spazi di lavoro domestico, flessibilità degli ambienti o esigenze di storage.

Per questa ragione, il contributo più interessante del sistema sviluppato non consiste nell'aver già sostituito i software generativi esistenti, ma nell'aver costruito una base informativa potenzialmente integrabile con essi. In una fase successiva di sviluppo, i risultati analitici ottenuti dai questionari e dall'elaborazione AI potrebbero essere tradotti in parametri o regole capaci di guidare in modo più personalizzato la generazione dei layout. In questo scenario, la generazione architettonica non partirebbe soltanto da vincoli geometrici, ma anche da informazioni relative ai modi di abitare, al rapporto tra funzioni, alle preferenze distributive e alle esigenze dei futuri utenti.

1 Finch presenta la piattaforma come strumento di “AI design together”, capace di ottimizzare il progetto attraverso AI, graph technology e advanced algorithms, con enfasi su rapidità di iterazione, numeri istantanei e workflow integrato. V. Finch homepage.

2 La guida tecnica di Finch dichiara esplicitamente la connessione con Revit, Rhino e Forma, la generazione di unit mix e floor plans e l’integrazione BIM come parti centrali del sistema. V. Finch Guide, Overview.

3 Nel flusso Rhino, Finch richiede la creazione del progetto nella web app, il caricamento del plugin, l’assegnazione della massa e la sincronizzazione della geometria, con possibilità di usare grid lines e layer structure dedicate. V. Finch Guide, Rhino.

4 Finch distingue chiaramente l’integrazione Rhino, continua e sincronizzata, da quella con Revit, unidirezionale, basata su upload della massa e download del BIM model. V. Finch Guide, All about Revit.

5 Finch consente l’importazione in Rhino dei dati 2D e 3D relativi ai floor plans, comprensivi di muri, arredi, tipi di spazio, unità e partizioni, con possibile prosecuzione del lavoro in ambienti di visualizzazione e detailing. V. Finch 101: Download to Rhino.

6 PlanFinder si descrive pubblicamente come plugin per Rhino, Grasshopper3D e Revit proget tato per velocizzare il disegno delle planimetrie. V. sito ufficiale e pagina di distribuzione del plugin.

COMUNICAZIONE PROGETTO

3.9 COMUNICAZIONE NEL PROCESSO PROGETTUALE

Il progetto architettonico si sviluppa attraverso un sistema articolato di relazioni informative che coinvolge una pluralità di attori lungo l'intero processo edilizio. La formulazione delle ipotesi progettuali, la loro progressiva definizione tecnica e la successiva realizzazione costruttiva richiedono infatti un flusso continuo di comunicazione tra professionisti, tecnici specializzati, imprese esecutrici, amministrazioni pubbliche e utenti finali. In questo contesto, la comunicazione rappresenta una componente strutturale dell'attività progettuale e contribuisce alla costruzione di una base conoscitiva condivisa che consente ai diversi soggetti coinvolti di interpretare correttamente le informazioni progettuali e di coordinare le rispettive attività operative[1].
La progettazione architettonica si configura come una pratica cognitiva e collaborativa nella quale le idee progettuali emergono attraverso cicli progressivi di rappresentazione, verifica e reinterpretazione delle informazioni disponibili[2]. Le rappresentazioni grafiche e i modelli tridimensionali costituiscono strumenti fondamentali attraverso cui il progettista organizza e trasmette le ipotesi progettuali, consentendo agli interlocutori di valutare le soluzioni proposte e di contribuire al loro sviluppo. Il progetto assume quindi la forma di un sistema di rappresentazioni che rende esplicite le relazioni spaziali, costruttive e funzionali dell'architettura, facilitando il dialogo tra i diversi attori del processo edilizio[3].

All'interno di questo quadro, la comunicazione progettuale coinvolge soggetti caratterizzati da competenze disciplinari differenti e da livelli eterogenei di familiarità con i codici di rappresentazione architettonica. Architetti, ingegneri, tecnici impiantisti e imprese di costruzione interpretano il progetto attraverso strumenti tecnici consolidati, mentre amministrazioni pubbliche, committenti e utenti finali valutano il pro-

getto soprattutto in relazione alle sue implicazioni funzionali, spaziali e percettive. La costruzione di una comunicazione efficace assume quindi un ruolo centrale nella riduzione delle ambiguità interpretative e nel coordinamento delle decisioni che accompagnano le diverse fasi del processo edilizio[4].
Le rappresentazioni del progetto costituiscono dispositivi cognitivi attraverso cui il progettista esplora e sviluppa le proprie ipotesi progettuali. Attraverso schizzi, disegni tecnici e modelli tridimensionali, il progettista costruisce progressivamente una struttura informativa che rende possibile il confronto tra differenti soluzioni progettuali e la loro valutazione da parte dei soggetti coinvolti nel processo decisionale. Questa dinamica iterativa di rappresentazione e reinterpretazione consente di trasformare le intuizioni iniziali in configurazioni spaziali progressivamente più definite e condivise[6].
Tradizionalmente, la trasmissione delle informazioni progettuali avviene attraverso sistemi di rappresentazione grafica quali piante, sezioni, prospetti e modelli tridimensionali. Questi strumenti costituiscono il principale dispositivo attraverso cui l'architettura viene concepita, analizzata e comunicata all'interno della pratica professionale. La rappresentazione grafica consente di descrivere con precisione le relazioni geometriche e dimensionali degli spazi progettati e di trasmettere informazioni tecniche indispensabili alla realizzazione dell'opera. Allo stesso tempo, l'interpretazione di queste rappresentazioni richiede competenze specifiche legate alla formazione tecnica e alla familiarità con i codici della rappresentazione architettonica[7].

La comprensione delle configurazioni spaziali attraverso rappresentazioni bidimensionali richiede processi cognitivi complessi che implicano la ricostruzione mentale della tridimensionalità dello spazio a partire da segni grafici convenzionali. Questo processo interpretativo comporta spesso differenze significative tra l'intenzione progettuale e la percezione degli

interlocutori non specialisti. Le difficoltà di interpretazione delle rappresentazioni tradizionali rappresentano quindi uno dei principali fattori che influenzano la qualità della comunicazione progettuale e il grado di partecipazione degli stakeholder nelle fasi decisionali del progetto[8].

L'evoluzione delle tecnologie digitali ha progressivamente ampliato le modalità di rappresentazione e comunicazione del progetto architettonico. L'introduzione di modelli tridimensionali digitali, ambienti interattivi e sistemi di simulazione spaziale consente oggi di rappresentare il progetto attraverso forme di visualizzazione sempre più vicine all'esperienza percettiva dello spazio costruito. In particolare, le tecnologie immersive permettono di esplorare ambienti architettonici simulati prima della loro realizzazione fisica, facilitando la comprensione delle relazioni dimensionali e delle qualità percettive degli spazi progettati[9].

L'integrazione di questi strumenti nel processo progettuale contribuisce a rafforzare le dinamiche collaborative tra i diversi attori coinvolti nella progettazione e nella realizzazione dell'architettura. La possibilità di esplorare modelli digitali tridimensionali, simulazioni spaziali e ambienti interattivi favorisce infatti una comprensione più immediata delle configurazioni progettuali e consente di costruire un terreno informativo condiviso tra progettisti, tecnici e utenti. In questo scenario, la comunicazione del progetto assume progressivamente la forma di un sistema integrato di rappresentazioni dinamiche che supportano i processi decisionali e migliorano la qualità del dialogo tra i soggetti coinvolti nel processo edilizio[10].

---

1 Lawson (2006)
2 Schön (1983)
3 Cross (2011)
4 Till (2009)
5 Goldschmidt (2003)
6 Docci, Maestri (2009)
7 Balzani (2017)
8 Whyte (2002)
9 Portman, Natapov, Fisher-Gewirtzman (2015)

3.9.1 ATTORI, STRUMENTI E LIMITI DELLE RAPPRESENTAZIONI

Nel processo edilizio, la trasmissione delle informazioni progettuali avviene attraverso sistemi di rappresentazione che anticipano uno spazio non ancora costruito. Elaborati grafici, modelli e documenti tecnici consentono la condivisione di dati geometrici, prestazionali e percettivi tra i soggetti coinvolti nella progettazione, nella costruzione e nell'uso dell'edificio. Il progetto assume così la forma di un sistema informativo finalizzato al coordinamento di attori e decisioni. La rappresentazione svolge, in questo quadro, una funzione cognitiva e operativa, poiché permette di elaborare, verificare e comunicare ipotesi progettuali entro una sequenza di configurazioni intermedie[1]. In questa prospettiva la comunicazione del progetto avviene attraverso un insieme di strumenti di rappresentazione adattati ai diversi interlocutori coinvolti nel processo. La comunicazione tra progettisti e consulenti tecnici richiede informazioni precise relative a geometria, materiali, prestazioni e relazioni tra sistemi costruttivi. Nel dialogo con imprese e operatori di cantiere assumono invece maggiore importanza indicazioni relative alla sequenza costruttiva, ai nodi esecutivi e alle modalità di montaggio dei componenti. Quando l'interlocutore è il committente o l'utente finale, la comunicazione del progetto tende invece a concentrarsi sulla percezione dello spazio e sulla qualità dell'ambiente costruito.

La pluralità delle modalità comunicative introduce un primo problema metodologico: il processo edilizio richiede livelli distinti di rappresentazione, ciascuno orientato a specifiche informazioni e modalità di lettura. Il disegno tecnico restituisce relazioni geometriche e dimensionali; i modelli tridimensionali digitali descrivono la configurazione volumetrica; le visualizzazioni fotorealistiche traducono le qualità percettive; le simulazioni immersive consentono l'esplorazione diretta dello spazio progettato. Gli strumenti di comunicazione del progetto corrispondono così a livelli informativi differenziati, attraverso i quali

il progetto viene reso comprensibile ai diversi attori del processo edilizio.

Tra questi strumenti, il disegno tecnico rappresenta la forma di comunicazione più consolidata nella pratica architettonica. Piante, sezioni e prospetti descrivono lo spazio attraverso proiezioni ortogonali che garantiscono precisione geometrica e controllo dimensionale. La loro lettura richiede competenze specifiche legate alle convenzioni grafiche e alla ricostruzione mentale dello spazio tridimensionale, con conseguenti difficoltà di comprensione per gli utenti non specialisti[2]. La diffusione dei modelli tridimensionali digitali ha ampliato le modalità di rappresentazione del progetto, introducendo strutture volumetriche navigabili che, nei sistemi BIM, integrano geometria, dati tecnici e prestazioni dell'edificio. Questo dispositivo riduce parte dello sforzo interpretativo richiesto dal disegno tecnico, ma mantiene una dipendenza dalla familiarità dell'utente con viste, interfacce e strumenti digitali.

Le visualizzazioni fotorealistiche sono state introdotte per ridurre il divario tra rappresentazione tecnica e percezione dello spazio. Il rendering consente di simulare materiali, illuminazione e relazioni prospettiche con elevato realismo visivo, facilitando la comprensione della configurazione spaziale anche per interlocutori non specialisti. L'immagine, tuttavia, dipende da scelte relative a camera, focale e illuminazione, che incidono sulla percezione di dimensioni e proporzioni. A questo si aggiunge una mediazione narrativa legata all'inserimento di figure, vegetazione, arredi e condizioni luminose scenografiche, che orientano l'interpretazione dell'ambiente e ne enfatizzano specifiche qualità.Alla diffusione delle visualizzazioni fotorealistiche si affianca oggi l'utilizzo di strumenti di generazione automatica delle immagini basati su modelli di intelligenza artificiale. I sistemi generativi consentono di produrre rapidamente rappresentazioni architettoniche caratterizzate da un elevato grado di realismo visivo. Le immagini generate derivano da processi di sintesi visiva basati sull'apprendimento statistico di grandi

collezioni di immagini e non da una modellazione geometrica esplicita dell'oggetto architettonico. Elementi strutturali irrealizzabili, incongruenze spaziali e dettagli tecnici privi di fondamento costruttivo possono essere generati senza che l'utente sia in grado di riconoscerne immediatamente l'incoerenza. La plausibilità visiva dell'immagine non coincide quindi con la validità progettuale. Gli strumenti generativi sono particolarmente efficaci nella produzione di scenari visivi esplorativi, ma richiedono una verifica critica da parte del progettista per garantire la coerenza tecnica delle soluzioni proposte[3].

Alla base di queste difficoltà si colloca un problema di natura cognitiva. Comprendere una rappresentazione architettonica implica la costruzione di un modello mentale tridimensionale a partire da informazioni bidimensionali o da immagini prospettiche. Questo processo coinvolge operazioni cognitive complesse come la rotazione mentale degli oggetti, l'integrazione di viste differenti e la stima delle relazioni di profondità tra elementi spaziali. Queste operazioni risultano più difficili per gli utenti non esperti rispetto ai progettisti e ai tecnici che possiedono una maggiore familiarità con le rappresentazioni architettoniche. Uno dei principali ostacoli alla partecipazione informata degli utenti nei processi decisionali consiste proprio nella difficoltà di trasformare elaborati grafici bidimensionali in una comprensione intuitiva dello spazio architettonico[4].

L'introduzione delle **tecnologie immersive** basate su realtà virtuale e realtà aumentata rappresenta una risposta a questo problema. A differenza delle rappresentazioni tradizionali, che richiedono all'utente di interpretare un'immagine o un disegno, gli ambienti immersivi permettono di esplorare direttamente lo spazio progettato attraverso il movimento e il cambiamento del punto di vista. L'utente può attraversare l'ambiente virtuale, osservare lo spazio da diverse posizioni e percepire relazioni dimensionali e proporzioni in modo più vicino all'esperienza reale. La realtà virtuale consente quindi di trasformare la rappresentazione dello spazio in una simulazione dell'esperienza spaziale.

Questi strumenti permettono agli utenti di avere un'esperienza diretta dell'edificio prima della sua costruzione e di valutarne le caratteristiche spaziali in condizioni percettive simili a quelle che incontrerebbero nell'edificio reale[2].

In questo contesto la realtà virtuale e aumentata sono dispositivi che modificano il regime comunicativo del progetto architettonico. Il modello digitale dell'edificio diventa un ambiente informativo navigabile, nel quale dati geometrici, informazioni tecniche e contenuti multimediali possono essere consultati direttamente all'interno dello spazio simulato. Questo passaggio dalla rappresentazione alla simulazione segna una trasformazione significativa nella comunicazione del progetto: l'architettura non viene più trasmessa esclusivamente come immagine da interpretare, ma come ambiente virtuale da esplorare.

3.9.2 TECNOLOGIE IMMERSIVE PER LA COMUNICAZIONE DEL PROGETTO ARCHITETTONICO

L'evoluzione delle tecnologie digitali ha introdotto nuove modalità di visualizzazione e comunicazione del progetto architettonico che superano i limiti dei sistemi rappresentativi tradizionali. Come discusso nei paragrafi precedenti, la comunicazione del progetto si è storicamente basata su un insieme di dispositivi grafici – disegni tecnici, modelli tridimensionali e visualizzazioni prospettiche – attraverso i quali lo spazio architettonico viene tradotto in rappresentazioni bidimensionali o immagini statiche. La comprensione del progetto richiede quindi un processo cognitivo di ricostruzione mentale dello spazio a partire da segni grafici o immagini prospettiche. Questo processo interpretativo può generare discrepanze tra l'intenzione progettuale e la percezione degli interlocutori, in particolare quando il progetto deve essere comunicato a soggetti non specialisti.[1]

Le tecnologie immersive introducono un paradigma differente nella comunicazione architettonica, perché consentono di trasformare il modello digitale dell'edificio in un ambiente tridimensionale esplorabile nel quale l'utente può sperimentare direttamente le relazioni spaziali del progetto. In questo contesto il modello non viene più utilizzato esclusivamente come supporto per la produzione di elaborati grafici, ma diventa una struttura informativa che può essere interrogata e navigata attraverso interfacce immersive. La letteratura recente definisce questi sistemi come ambienti di **immersive visualization**, ovvero tecnologie che consentono di accedere al progetto attraverso un'esperienza spaziale interattiva nella quale l'utente può muoversi all'interno del modello tridimensionale e osservare l'architettura da differenti punti di vista[2].

Nel settore dell'architettura e delle costruzioni, l'interesse verso queste tecnologie è cresciuto rapidamente negli ultimi anni grazie alla diffusione dei modelli informativi digitali e all'integrazione tra piattaforme BIM, motori di rendering in tempo reale e dispositivi di visualizzazione immersiva. Questa convergenza tecnologica consente di trasformare il modello digitale dell'edificio in un ambiente informativo navigabile nel quale le informazioni progettuali possono essere esplorate attraverso differenti modalità di visualizzazione. In tale prospettiva, le tecnologie immersive non rappresentano semplicemente un'evoluzione degli strumenti di visualizzazione architettonica, ma introducono una trasformazione più profonda nel modo in cui il progetto viene comunicato e compreso dagli attori coinvolti nel processo edilizio, ma assumono un ruolo rilevante nella comunicazione del progetto architettonico perché consentono di ridurre la distanza tra rappresentazione e percezione dello spazio progettato.[3] L'architettura non viene più comunicata esclusivamente come immagine da interpretare, ma come ambiente simulato nel quale è possibile anticipare l'esperienza spaziale dell'edificio prima della sua costruzione.

Realtà virtuale

Tra le tecnologie immersive, la realtà virtuale rappresenta lo strumento che più radicalmente modifica le modalità di visualizzazione del progetto architettonico. A differenza delle tecniche di rappresentazione tradizionali, che presentano lo spazio attraverso immagini o proiezioni geometriche, la realtà virtuale consente di trasformare il modello digitale dell'edificio in un ambiente tridimensionale navigabile nel quale l'utente può muoversi e osservare l'architettura da differenti punti di vista.

All'interno di un ambiente di realtà virtuale il punto di vista dell'utente viene aggiornato in tempo reale in funzione dei movimenti del corpo e della testa, consentendo di esplorare

il progetto in maniera dinamica. Questa modalità di visualizzazione permette di percepire con maggiore accuratezza aspetti del progetto difficilmente interpretabili attraverso rappresentazioni bidimensionali, come la scala degli ambienti, le relazioni tra spazi interni ed esterni, la continuità visiva tra gli ambienti e la distribuzione della luce naturale negli spazi architettonici. In questo senso la realtà virtuale consente di anticipare l'esperienza percettiva dell'architettura prima della sua costruzione, permettendo agli utenti di entrare nel progetto e di valutarne le qualità spaziali in maniera diretta[4].

Uno dei principali vantaggi comunicativi della realtà virtuale consiste nel ridurre il divario interpretativo tra progettisti e interlocutori non specialisti e nella possibilità di **anticipare l'esperienza percettiva dell'architettura** prima della sua realizzazione. Gli utenti possono entrare all'interno del progetto, osservare gli spazi da diverse posizioni e valutare in maniera diretta la scala e la qualità percettiva degli ambienti . In questo senso la realtà virtuale rappresenta uno strumento di simulazione spaziale che consente di sperimentare l'architettura in forma virtuale prima della costruzione[5].
Gli ambienti immersivi migliorano significativamente la comprensione delle configurazioni spaziali rispetto ai sistemi di rappresentazione convenzionali; l'**immersive design review** consente ai progettisti e agli stakeholder di individuare con maggiore facilità criticità progettuali e interferenze tra componenti edilizi rispetto alla revisione basata su modelli tridimensionali tradizionali[6].

Nel contesto del processo edilizio, la realtà virtuale viene sempre più utilizzata come strumento di revisione progettuale collaborativa. L'integrazione tra modelli BIM e ambienti immersivi consente ai diversi attori coinvolti nella progettazione – architetti, ingegneri, consulenti tecnici e commit-

tenti – di analizzare il progetto all'interno di uno spazio virtuale condiviso. Questa modalità di revisione consente di discutere soluzioni progettuali, verificare la coerenza tra i diversi sistemi edilizi e testare configurazioni alternative prima dell'avvio della fase costruttiva[7].

Realtà aumentata e mixed reality

Se la realtà virtuale consente di simulare ambienti completamente digitali, le tecnologie di realtà aumentata introducono una modalità di visualizzazione basata sull'integrazione tra modelli virtuali e ambiente fisico. Nei sistemi di realtà aumentata gli elementi digitali non sostituiscono la percezione dello spazio reale, ma vengono sovrapposti al contesto fisico attraverso dispositivi mobili o visori ottici.

Questa modalità di visualizzazione consente di collocare virtualmente il progetto architettonico all'interno del contesto urbano esistente, permettendo di osservare direttamente la relazione tra la nuova architettura e l'ambiente circostante. Attraverso applicazioni di realtà aumentata è possibile visualizzare modelli tridimensionali dell'edificio sul sito di progetto, analizzarne l'inserimento volumetrico e valutare l'impatto visivo delle trasformazioni urbane.

Uno degli aspetti più rilevanti della realtà aumentata riguarda la sua capacità di facilitare la comunicazione tra i diversi attori coinvolti nel processo edilizio. Visualizzando il progetto direttamente nel contesto reale, progettisti, amministrazioni pubbliche e stakeholder possono discutere con maggiore efficacia le implicazioni spaziali e urbane delle soluzioni progettuali. Questo tipo di visualizzazione contestuale consente di rendere più immediata la comprensione delle trasformazioni architettoniche e di supportare i processi decisionali nelle fasi di pianificazione e approvazione dei progetti[8].

La realtà aumentata trova inoltre applicazione nella visualizzazione di modelli tridimensionali su supporti fisici tra-

dizionali come planimetrie o modelli architettonici. In questi casi la sovrapposizione di contenuti digitali consente di arricchire elaborati bidimensionali con informazioni tridimensionali interattive, creando sistemi di rappresentazione ibridi che integrano strumenti analogici e contenuti digitali. Questa modalità di utilizzo rappresenta un'evoluzione significativa dei sistemi di rappresentazione architettonica, perché permette di superare parzialmente i limiti interpretativi delle rappresentazioni bidimensionali attraverso l'integrazione di modelli tridimensionali interattivi.

Le tecnologie di mixed reality ampliano ulteriormente queste possibilità introducendo ambienti collaborativi nei quali più utenti possono interagire simultaneamente con modelli tridimensionali virtuali integrati nello spazio fisico. In tali contesti il modello architettonico diventa un oggetto informativo condiviso che può essere manipolato, analizzato e discusso da diversi attori del processo progettuale. L'integrazione tra modelli informativi BIM e sistemi XR consente di migliorare la comprensione delle informazioni progettuali e di favorire la collaborazione interdisciplinare tra i diversi soggetti coinvolti nel processo edilizio[9].

Virtual tour e strumenti di comunicazione accessibile

Accanto agli ambienti immersivi basati su dispositivi VR e AR, negli ultimi anni si sono diffusi strumenti di visualizzazione tridimensionale accessibili tramite piattaforme web e dispositivi mobili. Tra questi strumenti, i virtual tour rappresentano una delle soluzioni più utilizzate per la comunicazione del progetto architettonico.

I virtual tour consentono di esplorare ambienti tridimensionali attraverso una sequenza di punti di vista interconnessi o percorsi di navigazione interattivi che simulano l'esperienza di attraversamento dello spazio.10 Pur non offrendo il livello di immersione tipico della realtà virtuale, questi sistemi permettono di comprendere la configurazione spaziale de-

gli edifici attraverso una navigazione interattiva che riproduce l'esperienza di movimento all'interno dell'architettura. Uno dei principali vantaggi dei virtual tour riguarda la loro accessibilità. A differenza delle tecnologie immersive basate su visori dedicati, questi strumenti possono essere utilizzati tramite dispositivi comuni come computer, tablet o smartphone. Ciò consente di rendere la visualizzazione del progetto architettonico accessibile a un pubblico più ampio, facilitando la comunicazione con stakeholder, amministrazioni pubbliche e utenti finali.

Nel contesto della comunicazione pubblica dei progetti architettonici, i virtual tour rappresentano quindi uno strumento efficace per presentare configurazioni spaziali complesse a interlocutori non specialisti, contribuendo a rendere più comprensibili le qualità spaziali e funzionali dell'architettura progettata.

Impatto delle tecnologie immersive sul processo progettuale

L'introduzione delle tecnologie immersive nel processo progettuale produce effetti significativi sulle modalità attraverso cui il progetto architettonico viene analizzato, discusso e comunicato tra i diversi attori coinvolti nel processo edilizio.

In primo luogo, gli ambienti immersivi migliorano la comprensione spaziale del progetto. La possibilità di esplorare direttamente il modello tridimensionale dell'edificio consente agli utenti di percepire dimensioni, proporzioni e relazioni tra gli ambienti in modo più intuitivo rispetto alle rappresentazioni bidimensionali. Questo aspetto risulta particolarmente rilevante nella comunicazione del progetto con interlocutori non specialisti, per i quali l'interpretazione delle rappresentazioni tecniche tradizionali può risultare complessa.

In secondo luogo, le tecnologie immersive supportano i processi decisionali all'interno della progettazione archi-

tettonica. La possibilità di analizzare scenari progettuali alternativi in ambienti virtuali consente di valutare le implicazioni spaziali e percettive delle scelte progettuali prima della realizzazione dell'edificio, riducendo il rischio di errori e migliorando l'efficacia delle revisioni progettuali. Un ulteriore aspetto riguarda il coinvolgimento degli utenti e degli stakeholder nel processo progettuale. Gli ambienti immersivi permettono infatti di presentare il progetto attraverso esperienze spaziali facilmente comprensibili anche da parte di soggetti privi di competenze tecniche specifiche. Questo tipo di comunicazione favorisce forme di progettazione partecipata nelle quali cittadini e utenti finali possono esplorare scenari progettuali alternativi e contribuire alla definizione delle soluzioni architettoniche.Nel loro insieme, queste applicazioni indicano che le tecnologie immersive introducono una trasformazione significativa nella comunicazione del progetto architettonico. Il progetto non viene più trasmesso esclusivamente attraverso rappresentazioni grafiche o immagini statiche, ma attraverso ambienti simulati che consentono di sperimentare direttamente l'esperienza dello spazio progettato prima della sua realizzazione.

1 Lawson (2006)
2 Radianti et al. (2020)
3 Deng, Cheng, Anumba (2021)
4 Whyte
5 Paes, Arantes, Irizarry (2019)
6 Paes, Irizarry (2018)
7 Wang, Ong, Nee (2018)
8 Wang et al. (2020)
9 Deng, Cheng, Anumba (2021)
10 Portman, Natapov, Fisher-Gewirtzman (2015)

3.9.3 STRUMENTI COMUNICATIVI PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Le attività sperimentali sviluppate nel corso della ricerca si collocano all'interno dell'indagine sul ruolo della transizione digitale nei processi di progettazione, rappresentazione e comunicazione dell'architettura. In particolare, la sperimentazione è stata finalizzata alla verifica delle potenzialità operative delle tecnologie immersive, realtà aumentata (AR) e realtà virtuale (VR), come strumenti capaci di migliorare la comprensione dello spazio progettato e di favorire nuove forme di interazione tra progetto, progettista e utenti.
Come discusso nei capitoli precedenti, uno dei principali limiti delle modalità tradizionali di rappresentazione architettonica risiede nella necessità di interpretare rappresentazioni bidimensionali o immagini prospettiche per ricostruire mentalmente la configurazione tridimensionale dello spazio. Le tecnologie immersive introducono invece la possibilità di accedere al progetto attraverso ambienti digitali navigabili che simulano direttamente l'esperienza spaziale dell'architettura.

Le attività sperimentali sono state sviluppate presso il **Laboratorio di Progettazione Digitale** e hanno riguardato quattro differenti ambiti applicativi:

- visualizzazione di modelli tridimensionali in realtà aumentata su supporto cartaceo;
- sviluppo di ambienti virtuali navigabili per l'esplorazione del progetto;
- realizzazione di un prototipo di applicazione mobile per la visualizzazione stereoscopica in realtà aumentata;
- ricostruzione immersiva di architetture reali e storiche in realtà virtuale.

Queste sperimentazioni sono state concepite come **test progressivi**, finalizzati a esplorare differenti modalità di interazione tra modello digitale, spazio fisico e percezione dell'utente. L'obiettivo non era soltanto verificare la fattibilità tecnica delle soluzioni adottate, ma soprattutto valutare il loro potenziale come strumenti di comunicazione e verifica progettuale.

3.9.3.1 AMBIENTI IN REALTÀ VIRTUALE IPEREALISTICI

L'introduzione delle tecnologie di realtà virtuale nel campo della rappresentazione architettonica ha modificato le modalità di visualizzazione, analisi e comunicazione del progetto. Gli ambienti immersivi permettono di simulare l'esperienza percettiva dello spazio progettato attraverso modelli digitali navigabili. L'utente può esplorare l'ambiente virtuale mediante sistemi di navigazione che aggiornano in tempo reale il punto di vista, consentendo l'osservazione dell'architettura da diverse posizioni e una percezione più accurata delle relazioni dimensionali tra gli elementi dello spazio.
la realtà virtuale viene utilizzata come strumento di simulazione spaziale per l'esplorazione di modelli tridimensionali complessi all'interno di ambienti digitali navigabili. Questa modalità di visualizzazione consente di anticipare l'esperienza percettiva dell'architettura prima della sua realizzazione fisica e facilita la comprensione delle configurazioni spaziali, migliorando la comunicazione del progetto tra progettisti, stakeholder e utenti finali[1].
I modelli tridimensionali possono essere integrati in ambienti digitali interattivi nei quali l'utente può muoversi liberamente, osservare le relazioni spaziali tra gli elementi architettonici e sperimentare direttamente la percezione dello spazio costruito. In questo contesto, i game engine (software originariamente sviluppati per l'industria videoludica) sono diventati strumenti fondamentali per la creazione di ambienti virtuali immersivi destinati alla simulazione e alla comunicazione del progetto architettonico[2].

La costruzione di un ambiente immersivo in realtà virtuale richiede l'integrazione di diverse fasi operative che comprendono la modellazione tridimensionale dell'architettura, l'ottimizzazione del modello digitale e la sua integrazione in

un motore grafico in grado di gestire il rendering in tempo reale.
Il processo di sviluppo adottato nella presente sperimentazione si basa su una pipeline operativa articolata in quattro fasi principali:

1. modellazione tridimensionale dell'architettura;
2. ottimizzazione del modello digitale per il rendering in tempo reale;
3. importazione del modello all'interno del motore grafico;
4. configurazione dell'ambiente immersivo e dei sistemi di navigazione.

Questo workflow consente di trasformare il modello architettonico digitale in un ambiente virtuale navigabile nel quale l'utente può esplorare lo spazio progettato in maniera immersiva.
Per la realizzazione degli ambienti immersivi è stato utilizzato **Unreal Engine**, un motore grafico basato su rendering in tempo reale ampiamente utilizzato nella visualizzazione architettonica e nella produzione di ambienti virtuali interattivi. L'utilizzo di questo software consente di gestire modelli tridimensionali complessi, materiali fisicamente accurati e sistemi avanzati di illuminazione, permettendo la creazione di ambienti virtuali caratterizzati da un elevato livello di realismo visivo.
Il processo di implementazione dell'ambiente virtuale prevede l'importazione del modello tridimensionale all'interno del motore grafico e la successiva configurazione dei principali elementi della scena digitale. Tra le operazioni principali rientrano:

- configurazione dei materiali e delle texture;
- impostazione del sistema di illuminazione;
- definizione dell'ambiente circostante;
- configurazione dei sistemi di navigazione dell'utente.

L'utilizzo di tecniche di rendering in tempo reale consente di aggiornare la scena grafica in funzione dei movimenti dell'utente, garantendo una visualizzazione fluida dell'ambiente virtuale e permettendo l'esplorazione dello spazio architettonico attraverso un sistema di navigazione interattiva.

Tipologia di Dato

Componente	*Funzione*
Modellazione 3d	*Costruzione del modello architettonico*
Motore Grafico	*Gestione del rendering in tempo reale*
Sistema di Illuminazione	*Simulazione delle condizioni luminose*
Sistema di Navigazione	*Esplorazione dell'ambiente virtuale*
Rendering Real-Time	*Aggiornamento dinamico della scena*

Figura 7
Componenti tecniche e fasi operative nella costruzione di ambienti immersivi per la visualizzazione architettonica. La tabella sintetizza i principali elementi tecnologici coinvolti nello sviluppo di ambienti virtuali navigabili, evidenziando il ruolo della modellazione tridimensionale, dei motori grafici e dei sistemi di rendering in tempo reale nella costruzione di ambienti immersivi utilizzati per la simulazione e l'esplorazione dello spazio architettonico.

Una volta configurato l'ambiente virtuale, il modello architettonico diventa navigabile attraverso un sistema di controllo che consente all'utente di muoversi liberamente all'interno della scena digitale. Questa modalità di visualizzazione permette di osservare lo spazio architettonico da differenti punti di vista e di analizzare direttamente le relazioni dimensionali tra gli elementi del progetto.

La navigazione immersiva consente di percepire con maggiore immediatezza aspetti dello spazio difficilmente interpretabili attraverso rappresentazioni tradizionali, come la scala degli ambienti, la continuità visiva tra spazi interni ed esterni e la relazione tra architettura e contesto paesaggistico.

Nel corso della sperimentazione sono stati sviluppati diversi ambienti virtuali finalizzati a testare le potenzialità della realtà virtuale come strumento di simulazione spaziale. Alcuni

di questi modelli sono stati realizzati come esercizi di ricostruzione architettonica, mentre altri sono stati sviluppati per verificare la qualità percettiva degli ambienti digitali generati tramite rendering in tempo reale.



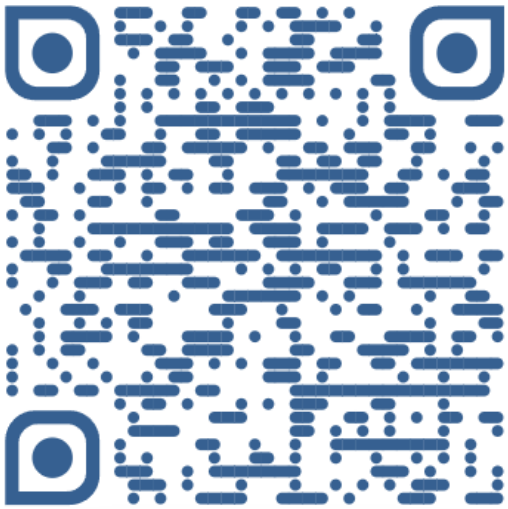
Figura 3.29
Il modello tridimensionale dell'edificio, realizzato dall'autore, è stato importato nel motore grafico e configurato come ambiente navigabile attraverso tecniche di rendering in tempo reale.
Fonte: ricostruzione digitale e ambiente immersivo realizzati dall'autore.

Nonostante le potenzialità offerte dalle tecnologie di realtà virtuale, la costruzione di ambienti immersivi per la visualizzazione architettonica presenta alcune criticità tecniche. La gestione di modelli tridimensionali complessi richiede infatti un processo di ottimizzazione geometrica volto a ridurre il numero di poligoni e a garantire prestazioni adeguate durante il rendering in tempo reale. Allo stesso tempo, la presenza di materiali ad alta risoluzione e sistemi avanzati di illuminazione può influenzare significativamente le prestazioni del sistema.
Un ulteriore limite riguarda la necessità di dispositivi hardware adeguati per la fruizione immersiva degli ambienti virtuali, come visori VR o dispositivi mobili con elevate capacità di elaborazione grafica. Nonostante tali criticità, le tecnologie di realtà virtuale rappresentano uno strumento sempre più rilevante per l'evoluzione delle modalità di rappresentazione e comunicazione del progetto architettonico.

1 Whyte J., Virtual Reality and the Built Environment, Architectural Press, Oxford, 2002.
2 Radianti J., Majchrzak T., Fromm J., Wohlgenannt I., "A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications", Computers & Education, 2020.

Accesso alla piattaforma:

Qr Code– Ricostruzione della Farnsworth House in ambiente immersivo sviluppato in Unreal Engine.
Il QR code associato alla fig.3.29 consente di accedere alla panoramica interattiva dell'edificio e di esplorare direttamente lo spazio virtuale tramite dispositivo mobile.
Fonte: ricostruzione digitale e ambiente immersivo realizzati dall'autore.



3.9.3.2 VISUALIZZAZIONE MODELLI 3D IN REALTÀ AUMENTATA SU STAMPA

I sistemi di realtà aumentata applicati ai supporti cartacei consentono di amplificare le informazioni contenute negli elaborati progettuali attraverso l'integrazione con contenuti digitali tridimensionali. Questi sistemi permettono di collegare la rappresentazione analogica del progetto a modelli informativi aggiuntivi accessibili mediante dispositivi digitali. In particolare, il test ha indagato la possibilità di utilizzare supporti cartacei stampati come interfacce fisiche per l'attivazione di modelli tridimensionali interattivi, consentendo agli utenti di accedere al progetto architettonico tramite dispositivi mobili.
Nel campo della rappresentazione architettonica, la realtà aumentata consente di integrare modelli tridimensionali digitali all'interno della percezione dell'ambiente reale, sovrapponendo elementi virtuali a superfici fisiche attraverso dispositivi mobili o visori dedicati. Questo approccio rientra nel più ampio ambito delle ricerche sulla **augmented architectural** representation, che mirano a superare la separazione tra rappresentazione bidimensionale e modello tridimensionale digitale attraverso sistemi di visualizzazione ibridi[1].

La sperimentazione sviluppata nell'ambito di questa ricerca ha indagato la possibilità di utilizzare supporti cartacei classici utilizzati per la comunicazione del progetto come interfacce fisiche per l'attivazione di modelli tridimensionali interattivi. In particolare, l'obiettivo del test è stato quello di verificare la possibilità di collegare elaborati progettuali tradizionali, come planimetrie o disegni architettonici, a contenuti tridimensionali digitali accessibili tramite dispositivi mobili.

La metodologia sperimentale è stata basata sull'utilizzo di **marker visivi stampati su supporto cartaceo**, progettati per essere riconosciuti da sistemi di computer vision integrati nei dispositivi mobili. Il marker funge da riferimento spaziale che consente al sistema di realtà aumentata di identificare la posizione e l'orientamento della superficie stampata, permettendo la corretta collocazione del modello tridimensionale nello spazio reale.

Il sistema utilizzato si basa su tecniche di **marker-based** tracking, nelle quali l'algoritmo di riconoscimento visivo identifica il marker e ne calcola la posizione nello spazio tridimensionale. Una volta riconosciuto il marker, il sistema sovrappone il modello tridimensionale alla superficie fisica inquadrata dalla fotocamera del dispositivo, generando una scena composita nella quale elementi reali e virtuali coesistono nello stesso spazio visivo[2].

L'utente attiva l'esperienza di realtà aumentata tramite la scansione di un **QR code associato al marker**. Una volta avviata l'applicazione, la fotocamera dello smartphone riconosce il marker e sovrappone il modello digitale alla superficie fisica – spesso rappresentata da una planimetria o da un elaborato progettuale – consentendo all'utente di osservare l'oggetto tridimensionale da diverse angolazioni e di esplorare il modello architettonico attraverso il movimento del dispositivo.

Per lo sviluppo della sperimentazione sono stati utilizzati diversi strumenti digitali, tra cui software di modellazione tridimensionale per la costruzione dei modelli architettonici, piattaforme di sviluppo per applicazioni di realtà aumentata, sistemi di riconoscimento basati su marker e dispositivi mobili dotati di fotocamera e sensori di movimento.

La configurazione del sistema ha richiesto una fase preliminare di calibrazione della fotocamera e di definizione delle dimensioni del marker, al fine di garantire un riconoscimento stabile del modello nello spazio reale e una corretta so-

vrapposizione tra contenuto digitale e supporto fisico.
Il processo sperimentale si è articolato in quattro fasi principali.

- **Modellazione tridimensionale del progetto architettonico.**
  Il modello digitale è stato realizzato mediante software di modellazione tridimensionale e successivamente ottimizzato per la visualizzazione su dispositivi mobili, riducendo la complessità geometrica e le dimensioni delle texture.
- **Generazione dei marker di riferimento.**
  Sono stati progettati marker grafici specifici destinati al riconoscimento da parte del sistema di realtà aumentata. Questi elementi visivi fungono da riferimento spaziale per il posizionamento del modello tridimensionale.
- **Associazione del modello tridimensionale al marker.**
  Il modello è stato collegato al marker tramite l'ambiente di sviluppo dell'applicazione AR, permettendo la corretta visualizzazione del contenuto digitale quando il marker viene inquadrato dalla fotocamera.
- **Test di visualizzazione e verifica dell'interazione.**
  Durante la fase di test l'utente, inquadrando il marker con la fotocamera dello smartphone, può visualizzare il modello tridimensionale sovrapposto al supporto cartaceo ed esplorarlo attraverso il movimento del dispositivo.

Questa modalità di visualizzazione permette di trasformare elaborati progettuali tradizionali in interfacce interattive che consentono di accedere a contenuti tridimensionali digitali. L'integrazione tra supporto cartaceo e modello digitale introduce quindi una nuova modalità di comunicazione del progetto architettonico, nella quale la rappresentazione bidimensionale diventa il punto di accesso a informazioni spaziali più complesse.

Nonostante le potenzialità di questi sistemi, la sperimentazione ha evidenziato alcune criticità tecniche legate principalmente alla stabilità del riconoscimento dei marker e alla dipendenza dalle condizioni di illuminazione. Inoltre, le prestazioni del sistema risultano influenzate dalle capacità hardware dei dispositivi mobili utilizzati per la visualizzazione.

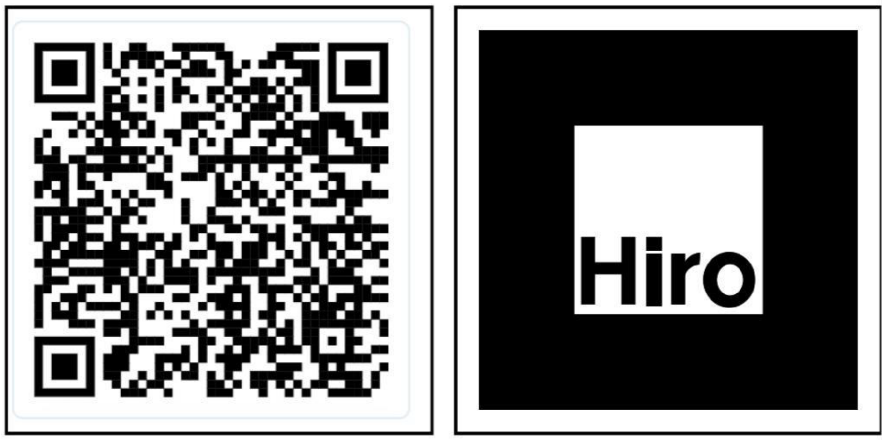


Figura 3.30
Marker AR e QR code utilizzati nella sperimentazione per la visualizzazione di modelli tridimensionali in realtà aumentata su supporto cartaceo.
La scansione del QR code consente l'accesso alla scena digitale, mentre il marker visivo ("Hiro") permette il riconoscimento spaziale del modello 3D e la sua corretta sovrapposizione al supporto fisico. La sperimentazione, condotta in forma prototipale durante il periodo di ricerca in Danimarca, rappresenta una prima verifica dell'integrazione tra rappresentazione cartacea e contenuti digitali tridimensionali.
Fonte: elaborazione dell'autore.

1 Azuma R., "A Survey of Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997.
2 Wang X., Ong S., Nee A., Augmented Reality in Architecture, Engineering and Construction, Springer, 2018.

3.9.3.3 APP PER LA VISUALIZZAZIONE STEREOSCOPICA DI MODELLI IN REALTÀ AUMENTATA

La sperimentazione sviluppata nell'ambito della presente ricerca ha riguardato la realizzazione di un prototipo di applicazione mobile per la visualizzazione stereoscopica di modelli tridimensionali in realtà aumentata. L'obiettivo principale dell'esperimento è stato quello di verificare la possibilità di utilizzare dispositivi mobili come strumenti di visualizzazione immersiva per la comunicazione e la verifica percettiva del progetto architettonico.

Il prototipo sviluppato consente di trasformare lo smartphone in un sistema di visualizzazione stereoscopica mediante l'utilizzo di visori mobili come i **cardboard.** In questa configurazione lo schermo del dispositivo viene suddiviso in due flussi visivi sincronizzati che permettono la generazione di un'immagine stereoscopica, migliorando la percezione della profondità dello spazio virtuale.

Il funzionamento del sistema si basa sull'inserimento di un **marker visivo all'interno dell'ambiente reale**, utilizzato come riferimento spaziale per il posizionamento del modello tridimensionale. Una volta individuato il marker, il sistema sovrappone il modello digitale alla scena reale acquisita dalla fotocamera dello smartphone, consentendo all'utente di osservare l'oggetto progettato direttamente nello spazio fisico circostante.

La visualizzazione del modello tridimensionale avviene attraverso lo schermo del dispositivo mobile, che funge da interfaccia tra ambiente reale e contenuto digitale. In questa modalità l'utente può osservare il modello architettonico nello spazio e analizzarne la collocazione, le proporzioni e la relazione con il contesto circostante.

Per migliorare la percezione della profondità e consentire una fruizione più immersiva dell'ambiente digitale, l'applicazione introduce una modalità di **visualizzazione stereosco-**

pica. In questa configurazione lo schermo dello smartphone viene suddiviso in due flussi visivi sincronizzati, analogamente a quanto avviene nei sistemi di visualizzazione basati su cardboard. L'utilizzo di un visore mobile consente quindi di osservare il modello tridimensionale in realtà aumentata con una percezione stereoscopica dello spazio, migliorando la comprensione delle relazioni dimensionali tra gli elementi architettonici.

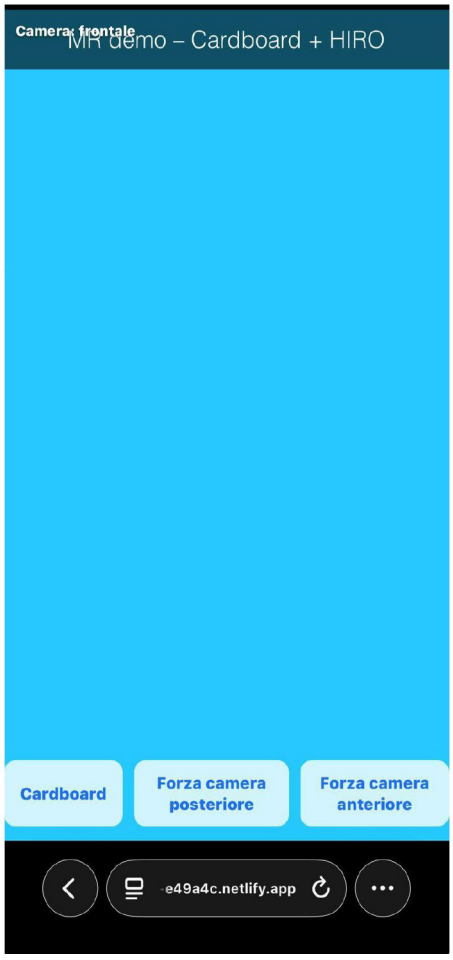


Figura 3.31
Schermata dell'applicazione "MR demo" per la visualizzazione stereoscopica di modelli tridimensionali in realtà aumentata
L'applicazione consente di trasformare lo smartphone in un sistema di visualizzazione immersiva mediante visore mobile (cardboard). La modalità "Cardboard" suddivide lo schermo del dispositivo in due flussi visivi sincronizzati, permettendo la generazione di una visione stereoscopica del modello tridimensionale sovrapposto al contesto reale acquisito dalla fotocamera dello smartphone. L'interfaccia consente la gestione della sorgente video e la visualizzazione del modello architettonico nello spazio fisico, permettendo una rapida commutazione tra modalità di realtà aumentata standard e modalità stereoscopica. La sperimentazione è stata condotta presso il **Laboratorio di Progettazione Digitale**, nell'ambito delle attività di ricerca sull'integrazione delle tecnologie AR/VR nei processi di progettazione architettonica.
Accesso alla demo:
https://beamish-sawine-e49a4c.netlify.app/?cam=back

Nota: il prototipo è stato sviluppato come test sperimentale nell'ambito della ricerca di dottorato e potrebbe non funzionare correttamente su tutti i dispositivi.
Fonte: elaborazione dell'autore.

La sperimentazione è stata condotta presso il Laboratorio di Progettazione Digitale, nell'ambito delle attività di ricerca dedicate all'integrazione delle tecnologie immersive nei processi di progettazione architettonica. Il prototipo sviluppato è stato utilizzato per testare differenti modalità di visualizzazione dei modelli tridimensionali all'interno del contesto reale, verificando le potenzialità della realtà aumentata stere-

oscopica come strumento di supporto alla comprensione dello spazio architettonico.

L'interfaccia dell'applicazione consente la commutazione tra diverse modalità di visualizzazione, permettendo di passare dalla modalità di realtà aumentata standard alla modalità stereoscopica utilizzabile tramite visore mobile. Questa configurazione consente di confrontare differenti modalità di fruizione dello spazio digitale e di valutare il contributo della visione stereoscopica alla percezione tridimensionale dell'architettura.

L'utilizzo di applicazioni mobili di realtà aumentata stereoscopica rappresenta una soluzione accessibile per l'esplorazione immersiva di modelli architettonici digitali. A differenza dei sistemi di realtà virtuale che richiedono dispositivi dedicati, queste applicazioni permettono di sfruttare hardware già diffusi come smartphone e visori economici, facilitando la diffusione delle tecnologie immersive anche in contesti di progettazione e comunicazione del progetto.

Nonostante queste potenzialità, la sperimentazione ha evidenziato alcune criticità tecniche legate principalmente alle prestazioni dei dispositivi mobili e alla stabilità del tracciamento nello spazio reale. Inoltre, la qualità della visualizzazione stereoscopica dipende fortemente dalle caratteristiche dello schermo e dalla precisione dei sensori del dispositivo utilizzato.

---

1 Azuma R., "A Survey of Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997.

2 Wang X., Ong S., Nee A., Augmented Reality in Architecture, Engineering and Construction, Springer, 2018.

3.9.3.4 PIATTAFORMA PER LA NAVIGAZIONE SPAZIALE E DI FEEDBACK: VIRTUAL TOUR

La possibilità di esplorare ambienti tridimensionali navigabili consente di anticipare l'esperienza percettiva dello spazio costruito, permettendo una valutazione qualitativa delle configurazioni distributive prima della loro realizzazione fisica[1]. In questo scenario, il virtual tour rappresenta uno strumento capace di ampliare le modalità attraverso cui il progetto viene comunicato, compreso e discusso da progettisti, stakeholder e utenti finali.
All'interno della presente ricerca, il virtual tour è stato utilizzato come **strumento sperimentale di verifica progettuale** e come elemento operativo all'interno del metodo di progettazione partecipata sviluppato nei capitoli precedenti. L'obiettivo della sperimentazione consiste nella costruzione di un ambiente virtuale navigabile capace di supportare la valutazione degli spazi progettati e di raccogliere osservazioni da parte degli utenti coinvolti nel processo progettuale.

Il virtual tour viene quindi interpretato come parte integrante di un sistema metodologico più ampio, nel quale modellazione digitale, analisi dei dati e partecipazione degli utenti concorrono alla definizione delle scelte progettuali. In questa prospettiva, l'ambiente virtuale assume la funzione di **spazio di verifica e confronto**, nel quale gli utenti possono esplorare il progetto e contribuire alla sua valutazione attraverso feedback diretti.

La sperimentazione ha previsto la realizzazione di un ambiente virtuale navigabile capace di riprodurre con precisione gli spazi architettonici sviluppati durante la ricerca. Il modello tridimensionale è stato costruito a partire dal modello digitale del progetto architettonico, successivamente ottimizzato per garantire una navigazione fluida e una cor-

retta restituzione percettiva dello spazio.

La fase di sviluppo ha richiesto un processo articolato di **modellazione, ottimizzazione e calibrazione spaziale**, finalizzato a riprodurre con accuratezza le proporzioni degli ambienti e le relazioni tra gli spazi. Particolare attenzione è stata dedicata alla gestione delle geometrie, alla definizione dei materiali e alla calibrazione dell'illuminazione virtuale, elementi che influenzano direttamente la percezione dello spazio negli ambienti digitali immersivi e far si che si avvicinassero quanto piu possibile a quelli reali[2].

Il risultato di questo processo è stato un **sistema tridimensionale interattivo** capace di restituire una rappresentazione navigabile del progetto architettonico. L'ambiente virtuale consente agli utenti di muoversi liberamente nello spazio, osservare le relazioni tra gli ambienti e valutare la configurazione distributiva del progetto da una prospettiva immersiva.



Figura 3.32
Ambiente virtuale navigabile utilizzato per la sperimentazione del virtual tour e per la raccolta dei feedback degli utenti durante la fase di verifica progettuale. Il modello tridimensionale riproduce lo spazio espositivo del progetto sviluppato per Finstral e Centro Italia Infissi ed è stato implementato all'interno di una piattaforma web interattiva accessibile da dispositivi mobili e visori di realtà virtuale, consentendo l'esplorazione immersiva degli ambienti e la valutazione percettiva delle configurazioni spaziali.
Fonte: elaborazione dell'autore su progetto Finstral – Centro Italia Infissi.

L'ambiente virtuale sviluppato nella ricerca è stato implementato attraverso una piattaforma web accessibile tramite diversi dispositivi digitali. Questa scelta metodologica risponde all'esigenza di rendere lo strumento facilmente utilizzabile da parte degli utenti, senza la necessità di software specialistici o competenze tecniche avanzate.

La piattaforma consente l'accesso al virtual tour tramite:

- smartphone
- tablet
- computer
- visori di realtà virtuale

Questa configurazione multipiattaforma permette di garantire un livello di accessibilità elevato e favorisce la partecipazione degli utenti al processo di verifica progettuale.

Attraverso l'interfaccia di navigazione, gli utenti possono esplorare gli ambienti progettati, muoversi nello spazio tridimensionale e osservare le relazioni tra i diversi elementi architettonici. La navigazione immersiva consente di percepire le dimensioni degli ambienti, le proporzioni degli spazi e la continuità tra le diverse aree del progetto, offrendo una modalità di valutazione qualitativa difficilmente ottenibile attraverso rappresentazioni bidimensionali tradizionali[3].

Dopo l'esplorazione dell'ambiente virtuale, gli utenti coinvolti nella sperimentazione possono esprimere osservazioni e valutazioni relative agli spazi progettati, all'interno dell'applicazione ed utilizzare il virtual tour **strumento di raccolta dei feedback**

Le informazioni raccolte vengono successivamente integrate nel sistema di analisi dei dati sviluppato nella ricerca, contribuendo ad arricchire il dataset utilizzato per supportare le decisioni progettuali. In questo modo il virtual tour diventa parte di un processo iterativo nel quale progettazione, simulazione e valutazione si alimentano reciprocamente.

Questo approccio introduce una logica circolare nel processo progettuale. Le osservazioni emerse durante l'esplorazione dell'ambiente virtuale possono infatti evidenziare criticità distributive, suggerire modifiche funzionali o confermare la validità delle soluzioni progettuali adottate. Le informazioni raccolte vengono quindi reinserite nel processo progettuale, consentendo un aggiornamento progressivo

delle configurazioni spaziali.

Nel metodo sviluppato nella presente ricerca, il virtual tour assume un ruolo specifico all'interno del ciclo progettuale. Il processo può essere descritto come una sequenza di fasi interconnesse:

1. raccolta delle informazioni attraverso moduli e questionari
2. analisi dei dati mediante strumenti di intelligenza artificiale
3. generazione e sviluppo del modello architettonico
4. verifica percettiva tramite virtual tour
5. raccolta dei feedback degli utenti
6. aggiornamento del progetto

L'integrazione del virtual tour nel processo progettuale consente quindi di rafforzare il dialogo tra progettista e utenti, contribuendo alla costruzione di un processo progettuale più aperto alla partecipazione e alla verifica delle scelte architettoniche.

1 Whyte J., Virtual Reality and the Built Environment, Routledge, London, 2002.
2 Pallasmaa J., The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses, Wiley, Chichester, 2012.
3 Portman M., Natapov A., Fisher-Gewirtzman D., "To Go Where No Man Has Gone Before: Virtual Reality in Architecture", Computers, Environment and Urban Systems, 2015.

Accesso alla piattaforma:

Qr Code – Accesso alla piattaforma dell'ambiente virtuale navigabile
Il modello tridimensionale riproduce lo spazio espositivo del progetto sviluppato per Finstral e Centro Italia Infissi
Fonte: elaborazione dell'autore su progetto Finstral – Centro Italia Infissi.





Figura — Fase di progettazione: dalla prefigurazione dello spazio in realtà aumentata.
Soggetto presente nella foto: arch. Marco Montebello

Fonte: Viaggionelfuturo Architetti, www.viaggionelfuturo.it



CASI STUDIO

INTRODUZIONE AI CASI STUDIO

I casi studio raccolti nelle sezioni seguenti definiscono il campo applicativo entro cui il metodo elaborato nel corso della ricerca è stato verificato, calibrato e consolidato sul piano operativo. La loro presenza nella tesi risponde all'esigenza di osservarne il rendimento in condizioni progettuali effettive, segnate da scale di intervento differenti, pluralità di soggetti coinvolti, varietà dei quadri esigenziali e diversa configurazione dei vincoli tecnici, amministrativi e procedurali. In questa prospettiva, il caso studio assume il valore di dispositivo conoscitivo, utile a rendere leggibile la relazione tra costruzione del quadro informativo, interpretazione delle esigenze, sviluppo della proposta e organizzazione delle forme di comunicazione e verifica del progetto.
L'attività di sperimentazione si è sviluppata nell'arco di circa due anni e mezzo all'interno di una struttura professionale attiva nel campo della progettazione architettonica, che ha costituito il contesto operativo per la messa a punto del metodo e per il suo confronto con situazioni reali[1]. In questo periodo sono stati conclusi ventotto interventi, distribuiti tra ristrutturazioni, nuove costruzioni, locali commerciali e lavori pubblici. La consistenza numerica e l'articolazione tipologica della casistica hanno consentito di verificare la capacità del metodo di operare in condizioni differenti, mantenendo continuità di impostazione, riconoscibilità procedurale e aderenza alle specificità dei singoli incarichi. Sotto il profilo metodologico, questo insieme di esperienze permette di leggere il metodo come struttura operativa in esercizio, sottoposta a verifiche successive, aggiustamenti e approfondimenti, entro una logica di validazione progressiva. La selezione dei casi presentati in questa parte deriva da tale quadro complessivo ed è stata orientata in funzione della loro pertinenza rispetto ai temi centrali della ricerca. Sono stati privilegiati gli interventi capaci di restituire con maggiore evidenza alcuni snodi decisivi del metodo, quali la formazione del quadro conoscitivo iniziale, la traduzione delle informazioni raccolte in

scelte spaziali e distributive, la definizione del rapporto tra esigenze d'uso e configurazione del progetto, il ruolo degli strumenti digitali nella mediazione tra progettista e interlocutori, nonché la qualità delle procedure di restituzione, controllo e comunicazione. L'interesse scientifico dei casi risiede dunque nella loro capacità di rendere osservabile il funzionamento del metodo entro situazioni ordinarie della pratica, là dove la complessità del progetto si manifesta attraverso problemi concreti, margini di adattamento, condizioni di negoziazione e necessità di sintesi.

All'interno della tesi, i casi studio occupano pertanto una posizione centrale, poiché rendono visibile il passaggio dall'elaborazione teorica alla formalizzazione operativa del metodo. Essi mostrano come una struttura metodologica possa acquisire spessore, precisione e consistenza attraverso il rapporto continuativo con la pratica progettuale. Il loro contributo consiste nel documentare il modo in cui principi, strumenti e procedure si organizzano entro processi reali, offrendo alla ricerca una base argomentativa fondata sull'esperienza applicata, sulla ripetizione verificabile dei passaggi e sulla possibilità di leggere continuità e variazioni entro una casistica estesa e differenziata.

Si esprime riconoscenza alla struttura professionale **Viaggio nel Futuro**, entro la quale è stato possibile sviluppare e verificare nel tempo una parte significativa delle applicazioni richiamate in questa sezione. Informazioni generali sullo studio e per la visualizzazione delle schede dei progetti completi, sono disponibili al seguente indirizzo:
www.viaggionelfuturo.it

— Caso Studio

CASA AF

Intervento di ristrutturazione e riconfigurazione interna

DATI DI SINTESI

Tipologia: residenza privata

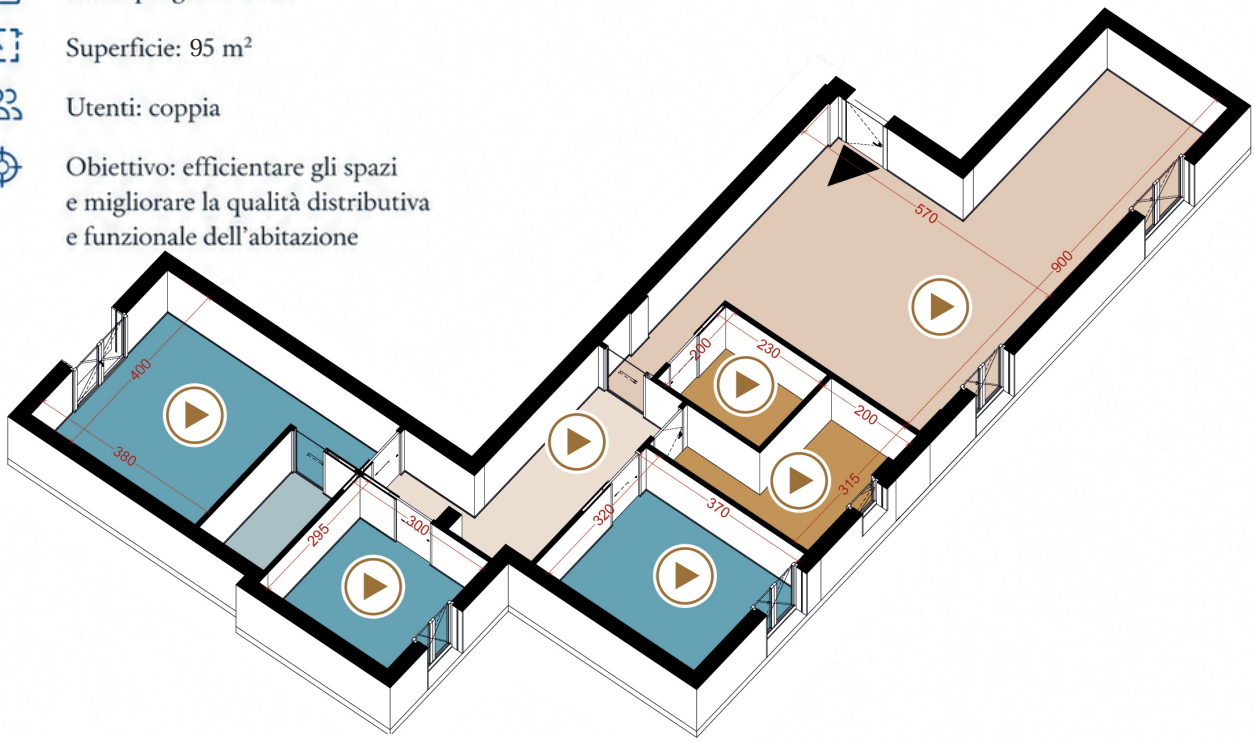
Luogo: provincia di Lecce

Anno progetto: 2024

Superficie: 95 m²

Utenti: coppia

Obiettivo: efficientare gli spazi e migliorare la qualità distributiva e funzionale dell'abitazione



Servizi
Zona giorno (Living + Cucina)
Connettivo (Corridoi + Lavanderia)
Camere da Letto
Cabina Armadio

Premi per guardare la pano 360° dell'ambiente su YouTube

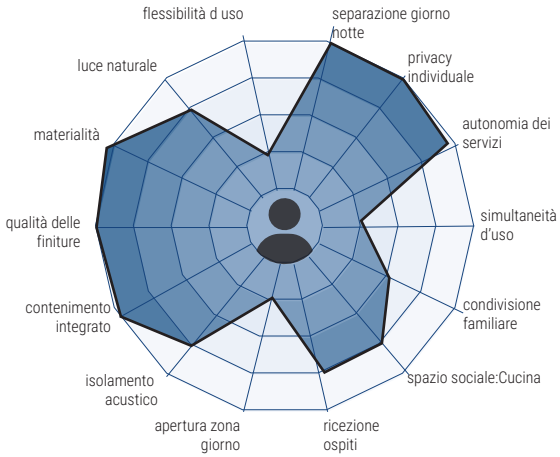
Casa AF è un intervento di ristrutturazione che ridefinisce la distribuzione interna di un'abitazione esistente, ottimizzando spazi e connessioni funzionali. Il progetto organizza gli ambienti secondo un layout fluido e razionale, separando in modo chiaro la zona giorno dalla zona notte.
Il sistema distributivo centrale garantisce continuità e accessibilità, valorizzando la luce naturale e migliorando il comfort abitativo complessivo.

— Caso Studio

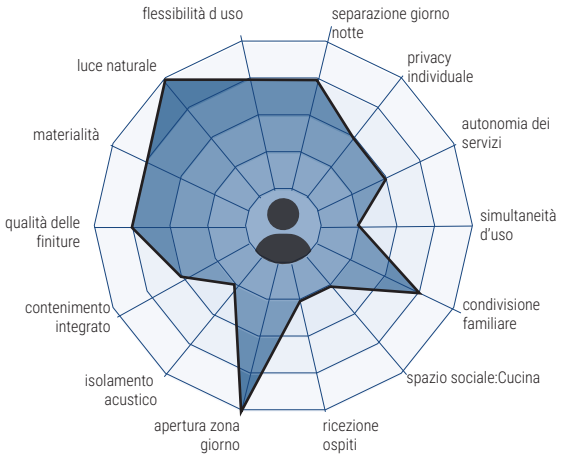
Profili di preferenza degli utenti

I profili della famiglia sono stati ricostruiti attraverso l'interpretazione retrospettiva di bisogni, abitudini e preferenze emerse nel tempo.
I grafici radar hanno permesso di evidenziare le priorità individuali, individuando il principale insight progettuale.

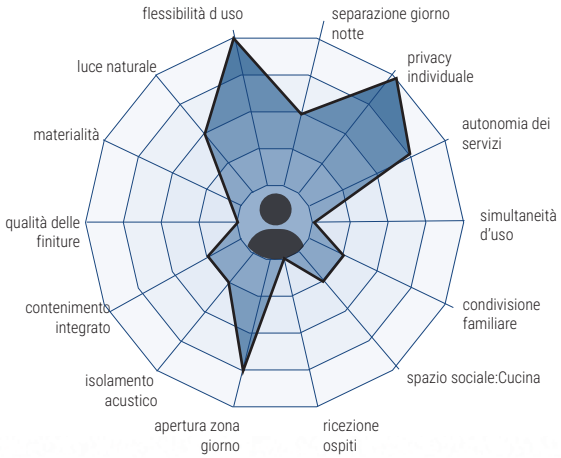
Utente 1



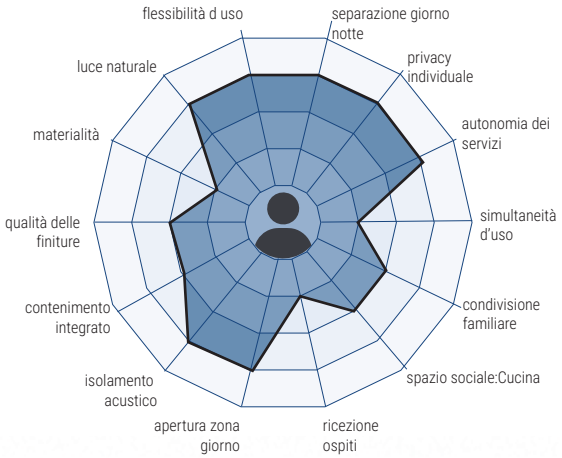
Utente 2



Utente 3



Utente 4



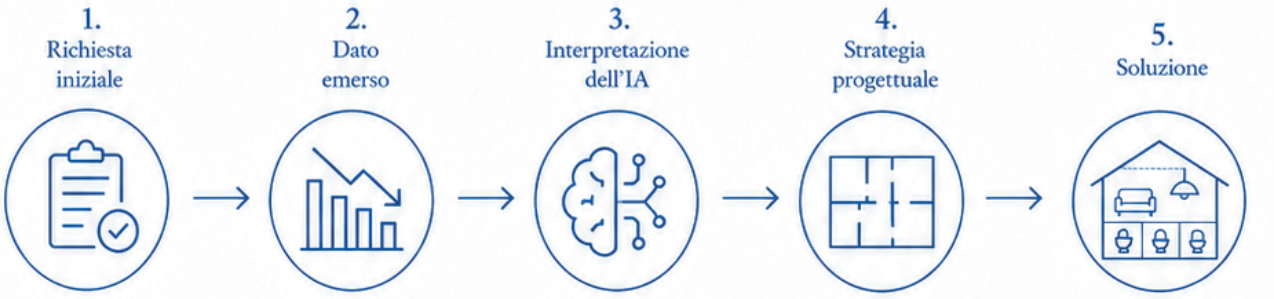
INSIGHT CHIAVE

La famiglia ha richiesto con forza la privacy; la bassa presenza simultanea negli spazi comuni ha rivelato però che la richiesta riguardava la zona notte protetta e l'autonomia personale, più che la separazione tra cucina e soggiorno.
Questo ha permesso di progettare un'area giorno aperta e integrata.

Questa lettura ha orientato il progetto verso un living condiviso, fluido e luminoso, e una zona notte più raccolta e riservata, capace di garantire benessere e indipendenza a ciascun membro.

— Caso Studio

Dai dati alla strategia progettuale



Privacy e separazione degli ambienti	Bassa presenza simultanea negli spazi comuni	La privacy riguarda la zona notte e l'autonomia personale, non la separazione tra cucina e soggiorno	Zona giorno aperta + zona notte protetta + 3 servizi specializzati	Cucina, pranzo e living integrati; matrimoniale autonoma; bagno per i bambini; bagno comune per ospiti

Requisiti progettuali evidenziati dalle skills utente

- definizione di una zonizzazione leggibile tra ambito collettivo e ambito privato
- integrazione funzionale tra cucina, pranzo e soggiorno
- organizzazione di una suite matrimoniale con bagno dedicato
- razionalizzazione del sistema distributivo e impiantistico
- costruzione di un linguaggio materico coerente
- verifica preventiva della percezione spaziale delle finiture

Conflitti progettuali evidenziati dall'analisi dei moduli

separazione tra zona giorno e zona notte	⟷	continuità complessiva dell'abitazione
apertura tra cucina e soggiorno	⟷	necessità di mantenere una chiara gerarchia funzionale
inserimento di tre bagni	⟷	contenimento dell'incidenza degli spazi di servizio
forte caratterizzazione materica	⟷	equilibrio percettivo degli ambienti
esigenze individuali	⟷	costruzione di un sistema domestico unitario

Strategie progettuali attivate



zonizzazione funzionale
spazi chiari, relazioni leggibili

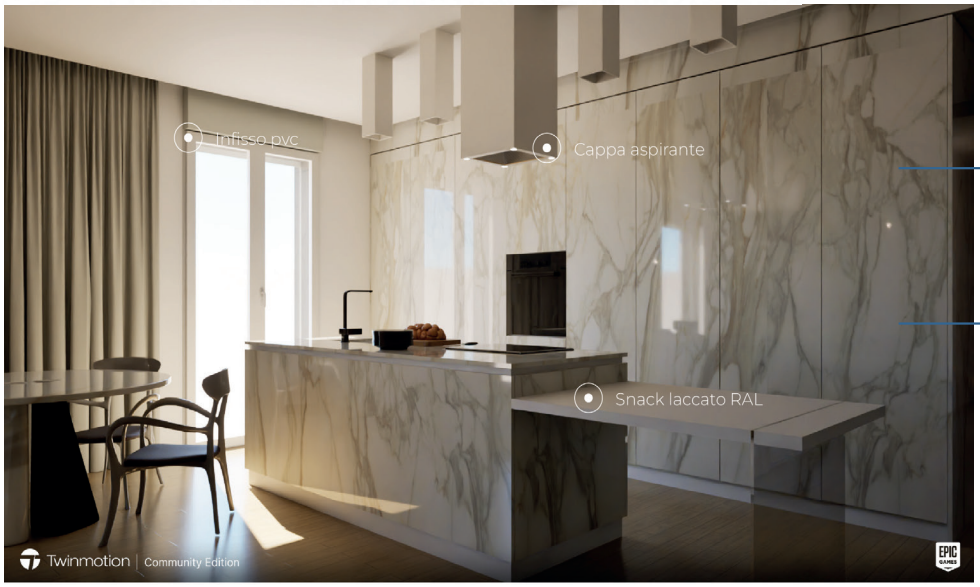
gerarchia della privacy
protezione della zona notte e dell'autonomia personale

continuità della zona giorno
cucina, pranzo e living integrati e luminosi

ottimizzazione dei servizi
tre bagni funzionali, distribuzione efficiente

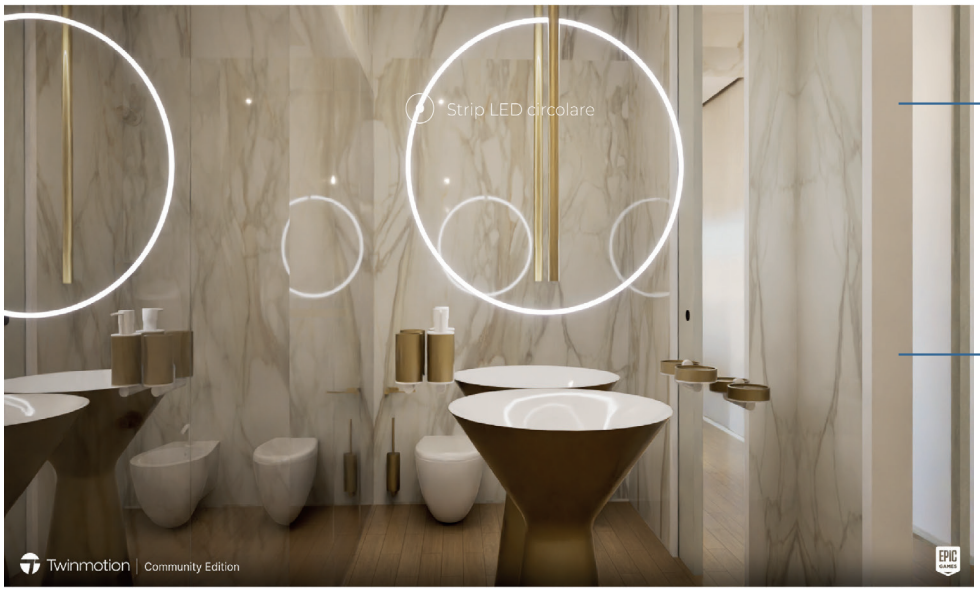
–Caso Studio

Dalla strategia alla traduzione visiva



Luce naturale e integrazione visiva

Materiali coerenti e cromie neutre



Bagno dedicato e funzionale

Comfort e privacy come richiesto dall'utente

RISULTATO: CONFERMA ALLA PIENA REVISIONE

0 PROPOSTE DI REVISIONE DA PARTE DEI CLIENTI

Il progetto è stato approvato al primo ciclo di revisione, confermando la solidità tecnica delle scelte e l'allineamento alle esigenze.

Soluzione definitiva, chiara, coerente e funzionale.

— Caso Studio

CASA C75

Intervento di ristrutturazione

DATI DI SINTESI

Tipologia: ristrutturazione residenziale

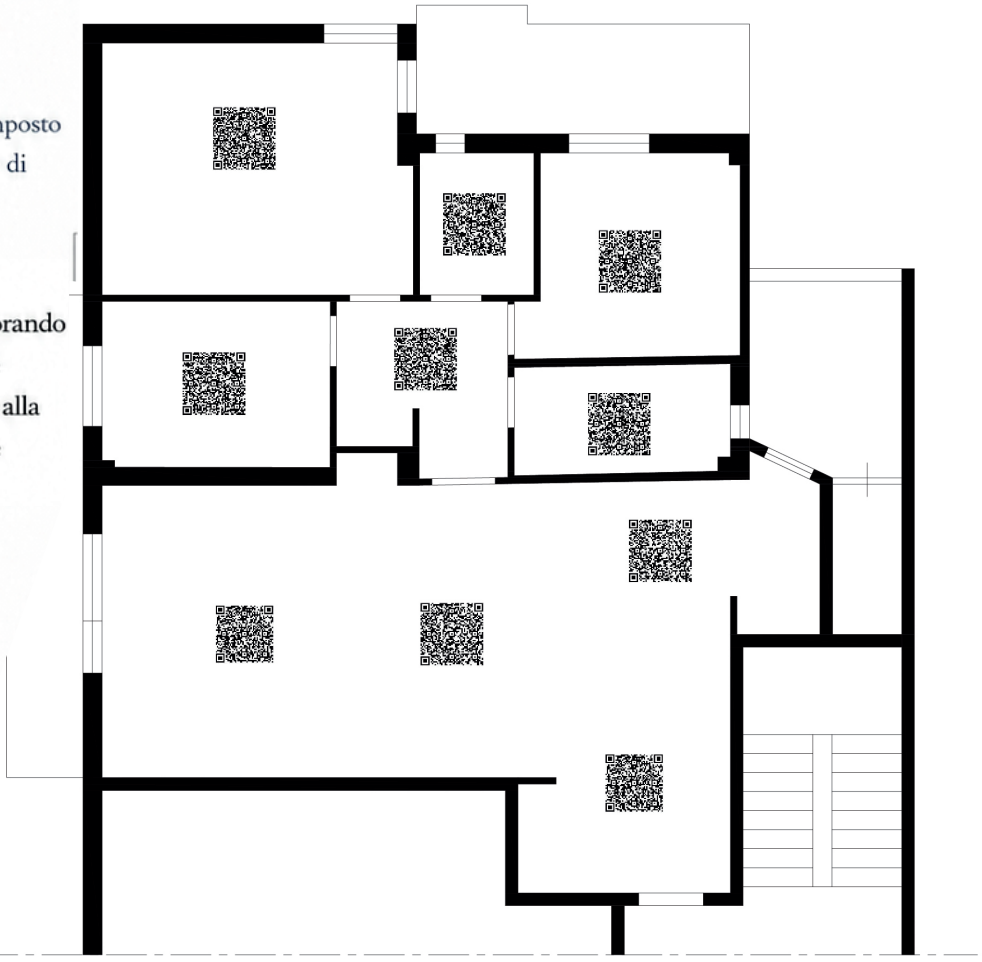
Luogo: provincia di Bari

Anno di progetto: 2024

Superficie: circa 85 m²

Utenti: nucleo familiare composto da 3 persone, con previsione di ampliamento

Obiettivo: riorganizzare la distribuzione interna migliorando la continuità, la flessibilità e l'adattabilità dell'abitazione alla crescita del nucleo familiare



Qr: virtual Tour

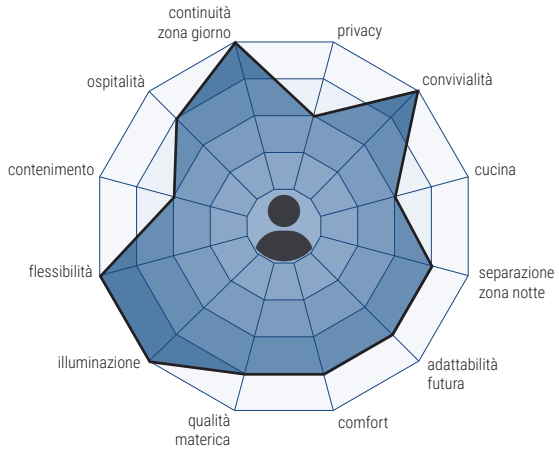
Casa C75 è un intervento di ristrutturazione pensato per un nucleo familiare di tre persone. Il progetto riorganizza la distribuzione interna per favorire una maggiore continuità spaziale, migliorando la fluidità dei percorsi e la percezione di apertura tra cucina, pranzo e soggiorno. Grazie ai render e ai virtual tour, è stato possibile comunicare in modo chiaro la nuova configurazione degli ambienti e accompagnare il cliente nel processo di approvazione.

— Caso Studio

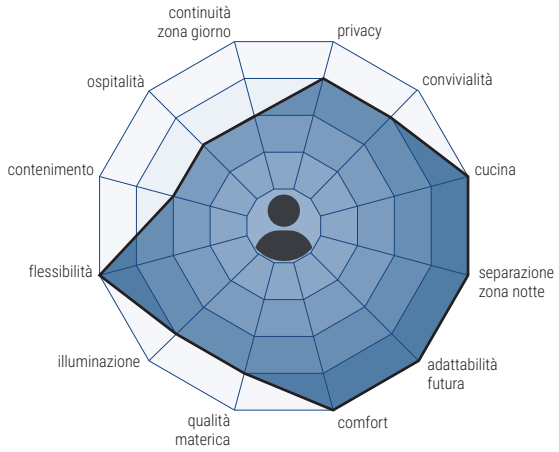
Profili di preferenza degli utenti

I profili della famiglia sono stati ricostruiti attraverso l'interpretazione retrospettiva di bisogni, abitudini e preferenze emerse nel tempo. I grafici radar hanno permesso di evidenziare le priorità individuali, individuando il principale insight progettuale.

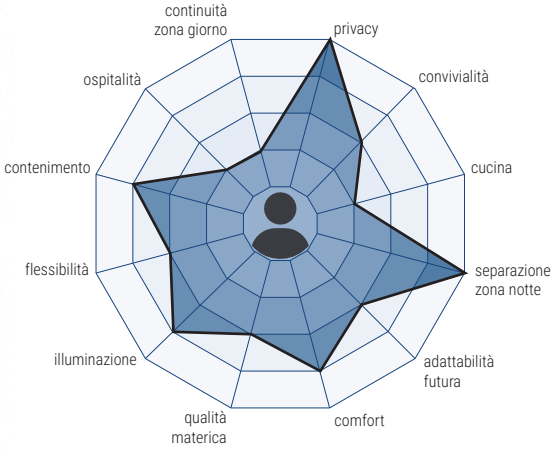
Utente 1



Utente 2



Utente 3



INSIGHT CHIAVE

Sebbene la famiglia esprimesse inizialmente una preferenza per cucina e soggiorno separati, l'analisi dei profili ha evidenziato valori elevati di controllo visivo, convivialità, luce naturale, flessibilità e adattabilità futura. La richiesta di separazione risultava legata soprattutto al controllo di odori, rumori e disordine, più che alla volontà di isolare le funzioni. Questo ha orientato il progetto verso una zona giorno aperta e gerarchizzata, capace di integrare cucina, pranzo e soggiorno.

Questa lettura ha orientato il progetto verso un living condiviso, fluido e luminoso, e una zona notte più raccolta e riservata, capace di garantire benessere e indipendenza a ciascun membro.

— Caso Studio

Dai dati alla strategia progettuale

1. Richiesta iniziale	2. Dato emerso	3. Interpretazione dell'IA	4. Strategia progettuale	5. Soluzione
				
Cucina e soggiorno separati	Valori elevati di convivialità, controllo visivo, luce naturale, flessibilità e adattabilità futura	Il bisogno reale riguarda il controllo di odori, rumori e disordine, non la separazione fisica degli ambienti	Zona giorno unitaria ma gerarchizzata, con funzioni chiaramente distinguibili	Cucina, pranzo e soggiorno integrati; isola come filtro operativo; zona notte autonoma e predisposizione della nuova camera

Requisiti progettuali evidenziati dalle skills utente

- mantenere una chiara distinzione tra zona giorno e zona notte
- garantire il controllo visivo tra cucina, pranzo e soggiorno
- migliorare la continuità della luce naturale
- predisporre una camera aggiuntiva per la crescita del nucleo familiare
- integrare contenimento e controllo del disordine visivo
- garantire flessibilità d'uso e adattabilità nel tempo
- preservare il comfort acustico e la privacy degli ambienti privati

Conflitti progettuali evidenziati dall'analisi dei moduli

cucina e soggiorno separati	⟷	necessità di convivialità e condivisione
controllo di odori e rumori	⟷	continuità visiva e apertura dello spazio
ordine e contenimento	⟷	percezione di ampiezza e leggerezza
privacy familiare	⟷	controllo visivo sui figli
configurazione attuale	⟷	crescita futura del nucleo
funzioni distinte	⟷	flessibilità e adattabilità d'uso

Strategie progettuali attivate



unitarietà controllata della zona giorno

spazio aperto con funzioni leggibili



isola come filtro operativo e relazionale

separazione percettiva senza chiusure fisiche



contenimento integrato

ordine visivo e organizzazione dello spazio comune



continuità della luce naturale

maggiore diffusione tra cucina, pranzo e soggiorno



controllo visivo familiare

relazione tra attività quotidiane e supervisione



adattabilità alla crescita del nucleo

predisposizione della nuova camera e flessibilità distributiva

— Caso Studio

Dalla strategia alla traduzione visiva



Isola come filtro operativo e relazionale
Elemento centrale che organizza lo spazio e separa funzioni.

Materiali coerenti e cromie neutre
Superfici materiche e tonalità neutre per continuità e ordine visivo.

Gerarchia funzionale senza separazioni rigide
Funzioni distinte ma integrate in un unico ambiente fluido.



Continuità tra cucina, pranzo e soggiorno
Spazio unitario che favorisce convivialità, relazione e controllo visivo.

Luce naturale e integrazione visiva
Ampie aperture e continuità visiva tra interno ed esterno.

Atmosfera domestica e accogliente
Illuminazione integrata e finiture materiche per comfort e benessere.

RISULTATO: 1 PROPOSTA DI REVISIONE DA PARTE DEI CLIENTI

La committenza ha richiesto una revisione per valutare la soluzione a ambiente unico, inizialmente percepita come distante dall'idea di partenza. La visualizzazione immersiva ha consentito di comprendere meglio continuità, proporzioni e qualità dello spazio, portando alla conferma della proposta progettuale.

CONTRIBUTO AL MODELLO

Il caso mostra come l'analisi dei profili utente e la comunicazione immersiva possano riformulare richieste iniziali apparentemente rigide, trasformandole in una soluzione più performante, condivisa e coerente con le reali esigenze del nucleo familiare.

— Caso Studio

CASA C90

Intervento di ristrutturazione

DATI DI SINTESI

- Tipologia: ristrutturazione residenziale
- Luogo: Lettomanoppello (PE)
- Anno di progetto: 2025
- Superficie: circa 140 m²
- Utenti: coppia di ragazzi giovani
- Obiettivo: aprire la zona giorno verso il terrazzo e il panorama mantenendo privacy, comfort e controllo della luce naturale.



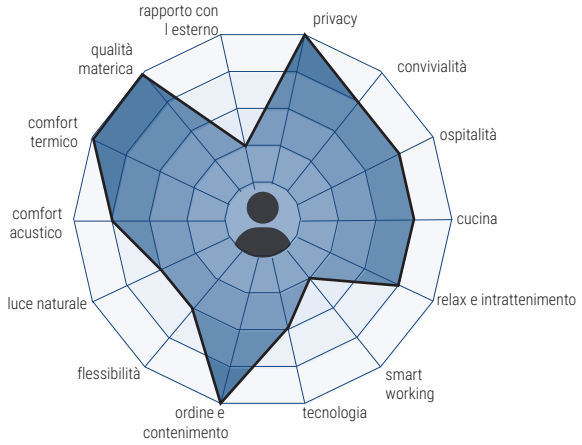
Casa C90 nasce dall'esigenza di una giovane coppia di vivere in una casa raccolta e protetta.
La presenza del terrazzo e del panorama ha suggerito una soluzione differente:
una grande zona giorno aperta verso l'esterno, protetta dall'aggetto del terrazzo superiore
che garantisce comfort estivo senza l'uso di schermature.
Il virtual tour e le analisi della luce nelle diverse stagioni hanno permesso di verificare
in modo chiaro privacy, soleggiamento e qualità degli ambienti.

— Caso Studio

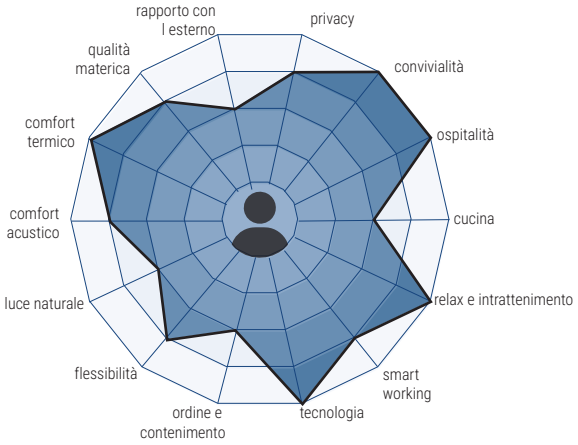
Profili di preferenza degli utenti

I profili della coppia sono stati ricostruiti attraverso l'interpretazione retrospettiva di bisogni, abitudini e preferenze emerse nel tempo. I grafici radar mettono in evidenza le priorità individuali e aiutano a comprendere le condizioni che hanno orientato il progetto.

Utente 1



Utente 2



INSIGHT CHIAVE

Sebbene la coppia esprimesse inizialmente il desiderio di una casa più chiusa e protetta, l'analisi dei profili ha evidenziato valori elevati di convivialità, ospitalità, relax domestico e comfort. La richiesta di chiusura risultava quindi legata soprattutto a privacy, controllo dell'irraggiamento e qualità dell'ambiente interno. Questo ha orientato il progetto verso una zona giorno più ampia e aperta sul terrazzo, capace di mantenere protezione, comfort termo-solare e continuità con il panorama.

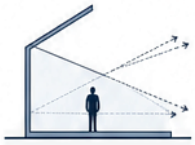
Questa lettura ha orientato il progetto verso un living aperto, controllato e luminoso, con un rapporto più consapevole tra spazio interno, terrazzo e vista esterna.

Dai dati alla strategia progettuale

L'interpretazione integrata dei moduli e l'analisi del contesto hanno permesso di trasformare le preferenze espresse in strategie progettuali concrete, capaci di risolvere i principali conflitti emersi e valorizzare le potenzialità dell'abitazione.

1 RICHIESTA INIZIALE

Casa raccolta, protetta e poco esposta verso l'esterno.



2 DATO EMERSO

Valori elevati di convivialità, ospitalità, relax domestico e uso condiviso della zona giorno.



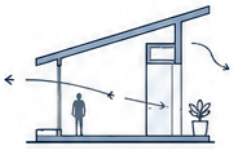
3 INTERPRETAZIONE DELL'IA

La richiesta di chiusura riguarda privacy, irraggiamento e controllo visivo, non il rifiuto del rapporto con il terrazzo e il panorama.



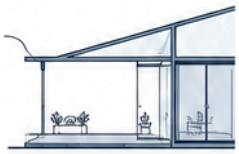
4 STRATEGIA PROGETTUALE

Apertura controllata della zona giorno verso l'esterno, con protezione solare, filtri visivi e gerarchia interna.



5 SOLUZIONE

Grande vetrata scorrevole, continuità tra living e terrazzo, setto camino–TV come filtro, zona notte autonoma.



REQUISITI PROGETTUALI EVIDENZIATI DALLE SKILLS UTENTE

- Garantire privacy e protezione rispetto all'esterno.
- Valorizzare il terrazzo come estensione della zona giorno.
- Mantenere comfort termo-solare nelle diverse stagioni.
- Favorire convivialità, ospitalità e relax domestico.
- Garantire continuità visiva verso il panorama.
- Integrare cucina e soggiorno in un unico ambiente.
- Distinguere le funzioni senza introdurre chiusure rigide.
- Preservare una zona notte raccolta e autonoma.
- Integrare tecnologia, televisione e gaming nello spazio comune.
- Mantenere coerenza materica, ordine e contenimento.

CONFLITTI PROGETTUALI EVIDENZIATI DALL'ANALISI DEI MODULI

Maggiore privacy verso l'esterno	↔	Apertura verso terrazzo e panorama	Controllo dell'esposizione	↔	Continuità interno–esterno
Casa raccolta e protetta	↔	Zona giorno ampia e conviviale	Ambienti visivamente ordinati	↔	Spazio flessibile e aperto
Timore del surriscaldamento	↔	Grande superficie vetrata	Protezione della zona privata	↔	Relazione con amici e ospiti

STRATEGIE PROGETTUALI ATTIVATE

APERTURA PANORAMICA CONTROLLATA

La vetrata amplia la relazione con il paesaggio senza compromettere privacy e comfort.

PROTEZIONE SOLARE PASSIVA

L'aggetto del terrazzo superiore limita l'irraggiamento diretto durante il periodo estivo.

CONTINUITÀ INTERNO–ESTERNO

La vetrata scorrevole consente al terrazzo di diventare prosecuzione della zona giorno.

SETTO ATTREZZATO COME FILTRO

Camino e alloggi per le televisioni distinguono le funzioni senza interrompere la continuità spaziale.

FILTRO A LISTELLI NELL'INGRESSO

Il sistema protegge le visuali e costruisce una soglia permeabile tra accesso e living.

GERARCHIA TRA ZONA GIORNO E ZONA NOTTE

La zona comune resta aperta e luminosa, mentre gli ambienti privati sono collocati nell'altra ala.

INTEGRAZIONE TECNOLOGICA

TV, gaming, illuminazione e dispositivi vengono incorporati nella configurazione dello spazio comune.

CONTINUITÀ MATERICA

Legno, tonalità neutre, pavimentazione continua e illuminazione integrata collegano interno e terrazzo.

Dalla strategia alla traduzione visiva

Le scelte progettuali nascono dall'integrazione tra preferenze degli utenti, analisi del contesto e strategie ambientali.
Le immagini mostrano come la strategia si traduca in spazi concreti, materici e funzionali.





RISULTATO: 2 REVISIONI DI VERIFICA DA PARTE DEI CLIENTI

La prima revisione è stata richiesta per valutare l'apertura totale della zona giorno verso il terrazzo.
La seconda ha approfondito il comportamento della luce e dell'irraggiamento nelle diverse stagioni.
Le revisioni non hanno comportato modifiche sostanziali, ma hanno consentito
alla committenza di comprendere e confermare la soluzione attraverso la
visualizzazione immersiva.

CONTRIBUTO AL MODELLO

Il caso mostra come l'analisi delle preferenze, la simulazione del soleggiamento e la comunicazione immersiva
possano trasformare una richiesta iniziale di chiusura in una soluzione aperta, protetta e climaticamente controllata.
Il processo ha supportato la verifica preventiva delle condizioni di privacy, comfort e continuità
tra interno, terrazzo e panorama, orientando il progetto verso una strategia condivisa e consapevole.

— Caso Studio

D10

Studio di tatuaggi urban e polifunzionale

DATI DI SINTESI

Tipologia: locale commerciale / studio di tatuaggi

Luogo: Chieti Scalo

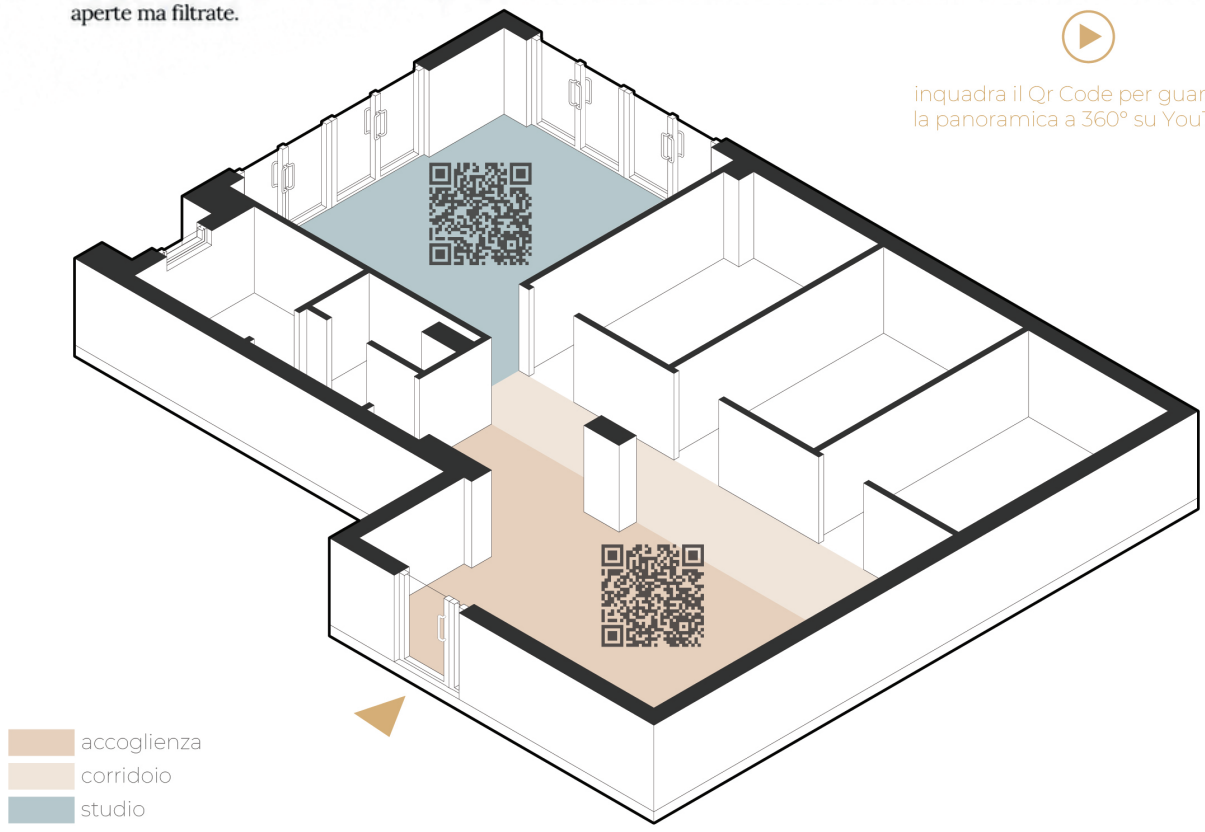
Anno progetto: 2025

Superficie: 100 mq

Utenti: 1 proprietario

Obiettivo: organizzare uno spazio urban e polifunzionale, capace di ospitare fino a 5 tatuatori, integrare area relax/gaming, esposizione dei lavori e postazioni aperte ma filtrate.

inquadra il Qr Code per guardare la panoramica a 360° su YouTube



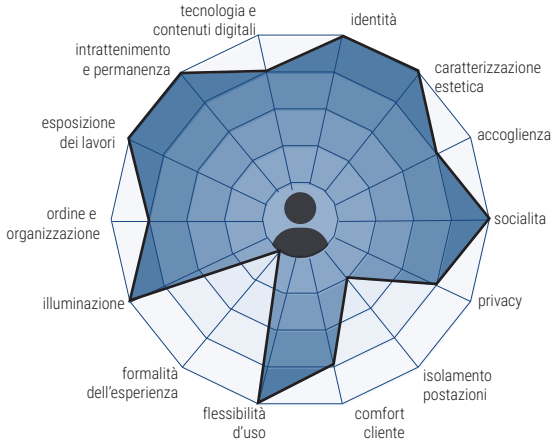
D10 è uno studio di tatuaggi ricavato dalla rifunzionalizzazione di un locale sfitto. Il progetto organizza un ambiente urban, aperto e polifunzionale, nel quale accoglienza, postazioni operative, area relax e spazi di supporto convivono entro un sistema unitario ma controllato. L'assonometria interattiva e il virtual tour hanno supportato la comprensione del layout e delle relazioni tra le diverse funzioni fin dalle prime fasi di presentazione.

— Caso Studio

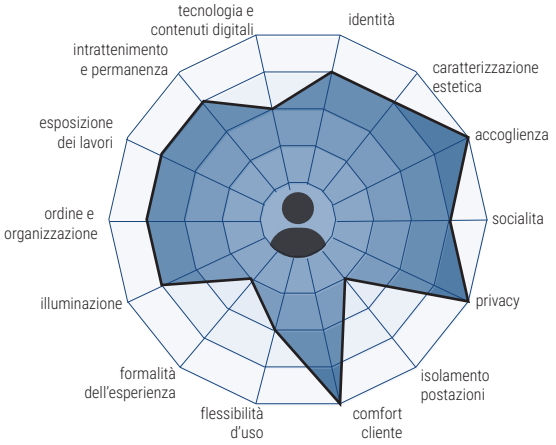
Profili di preferenza degli utenti

I profili sono stati ricostruiti attraverso l'interpretazione retrospettiva delle esigenze del proprietario e delle preferenze medie dei clienti abituali.
I grafici radar evidenziano priorità, differenze e possibili aree di conflitto, individuando il principale insight progettuale.

Committente



Analisi media dei clienti abituali



INSIGHT CHIAVE

L'analisi ha evidenziato una combinazione inattesa tra l'elevata richiesta di privacy personale e il basso interesse verso l'isolamento completo delle postazioni.
Proprietario e clienti attribuiscono inoltre scarso valore a un ambiente formale, privilegiando relazione diretta, socialità e riconoscibilità dello spazio.
Il progetto ha quindi sostituito la chiusura delle stanze con un sistema di filtri semitrasparenti, capace di proteggere le attività senza interrompere la continuità percettiva e relazionale dello studio.

Questa lettura ha orientato il progetto verso uno spazio aperto, fluido e relazionale, nel quale accoglienza, corridoio e postazioni operative restano distinti ma reciprocamente percepibili.

— Caso Studio

Dai dati alla strategia progettuale

1. Richiesta iniziale	2. Dato emerso	3. Interpretazione dell'IA	4. Strategia progettuale	5. Soluzione
				
Studio riconoscibile, flessibile e capace di ospitare più tatuatori contemporaneamente	Privacy personale elevata, ma basso interesse per postazioni completamente isolate e per un ambiente formale	La privacy richiesta riguarda il controllo delle visuali e la protezione durante il trattamento, non la chiusura totale delle stanze	Spazio aperto e relazionale, organizzato attraverso filtri semitrasparenti, percorsi leggibili e postazioni autonome	Accoglienza aperta, corridoio distributivo, postazioni schermate da rete metallica, area gaming e stanza specializzata del proprietario

Requisiti progettuali evidenziati dalle skills utente

- garantire privacy senza isolare completamente le postazioni
- consentire la compresenza di cinque tatuatori
- organizzare un'accoglienza aperta e relazionale
- integrare area relax, gaming ed esposizione dei lavori
- predisporre postazioni autonome con sterilizzazione integrata
- mantenere una forte identità visiva e funzionale del locale

Conflitti progettuali evidenziati dall'analisi dei moduli

privacy del cliente	⟷	continuità percettiva dello studio
postazioni autonome	⟷	relazione tra i professionisti
ambiente fortemente caratterizzato	⟷	comfort e accoglienza
apertura e socialità	⟷	protezione durante il trattamento
esposizione dei lavori	⟷	ordine eperativo
atmosfera informale	⟷	requisiti igienici e tecnici

Strategie progettuali attivate



Filtri semitrasparenti
privacy visiva senza isolamento totale



Corridoio relazionale
orientamento chiaro e continuità percettiva



Postazioni autonome
spazi operativi distinti e funzionali



Area gaming e attesa
accoglienza informale e permanenza

— Caso Studio

Dalla strategia alla traduzione visiva

La strategia progettuale definita a partire dai profili di preferenza è stata tradotta in immagini fotorealistiche. I **render** mostrano l'atmosfera dello studio, la relazione tra accoglienza, corridoio e postazioni operative e l'efficacia dei filtri semitrasparenti nel garantire privacy senza interrompere la continuità percettiva e relazionale.





RISULTATO: 0 PROPOSTE DI REVISIONE DA PARTE DEL CLIENTE

Il progetto è stato approvato immediatamente alla prima presentazione. La visualizzazione immersiva ha consentito al proqrietario di comprendere con chiarezza atmosfera, percorsi, grado di apertura delle postazioni e relazione tra accoglienza, corridoio e spazi operativi. Non sono state richieste modifiche alla configurazione proposta.

CONTRIBUTO AL MODELLO

Il caso mostra come l'analisi delle preferenze e la comunicazione immersiva possano integrare identità, socialità, privacy e requisiti operativi in uno spazio unitario e riconoscibile. La verifica anticipata dell'esperienza percettiva ha permesso di confermare il progetto senza revisioni.

—Caso Studio

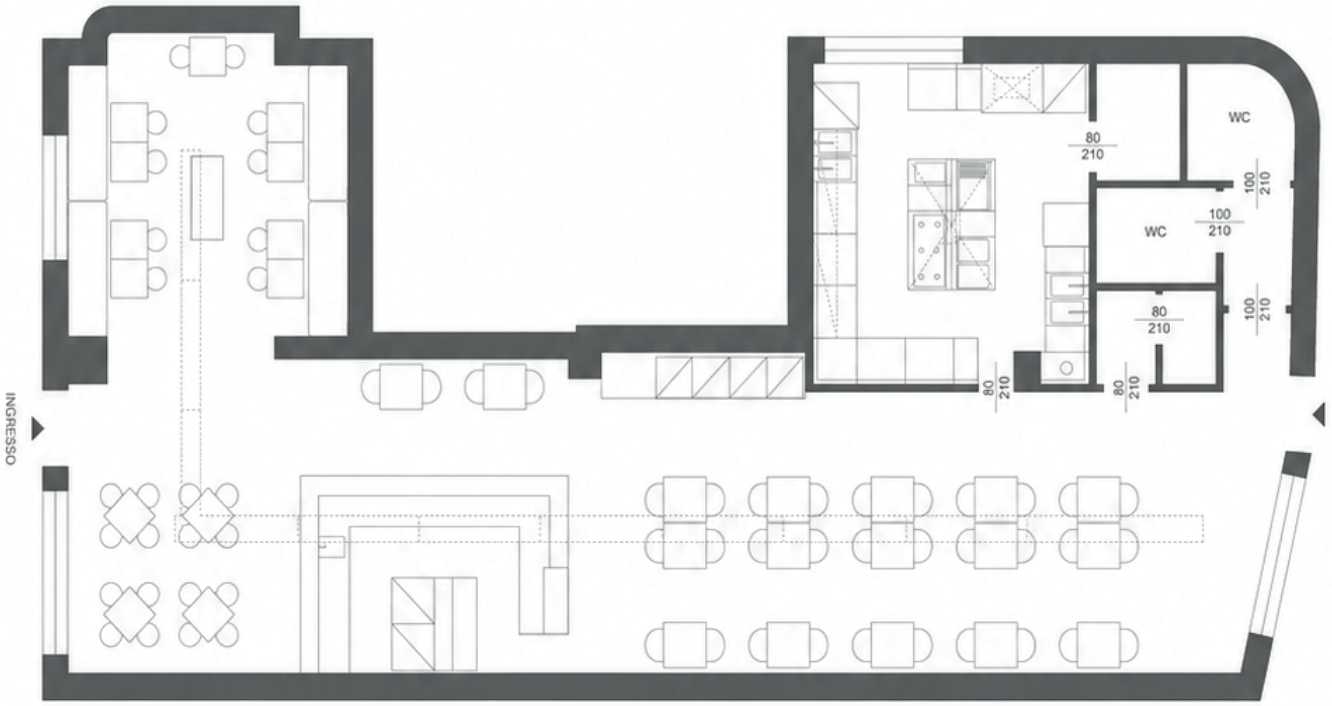
D13

Realizzazione di un ristorante

Tipologia: ristorante | Luogo: Cerignola | Anno progetto: 2025 | Superficie: 350 m²

Utenti: 1 committenza + operatori di sala e cucina

Obiettivo: organizzare un ristorante con bar, sala e cucina a vista, migliorando identità, rapidità del servizio, accoglienza e funzionalità operativa



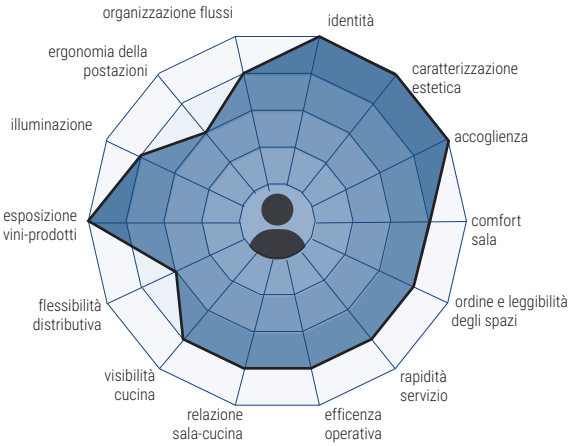
D13 è un intervento di realizzazione di un ristorante concepito per integrare bar, sala e cucina entro un sistema coerente, ordinato e ad alta riconoscibilità. Il progetto valorizza la relazione diretta tra servizio e spazio di somministrazione, costruendo un ambiente accogliente e fortemente identitario. L'organizzazione distributiva supporta la rapidità del servizio, la lettura immediata delle funzioni e una forte continuità tra esperienza del cliente e operatività interna.

— Caso Studio

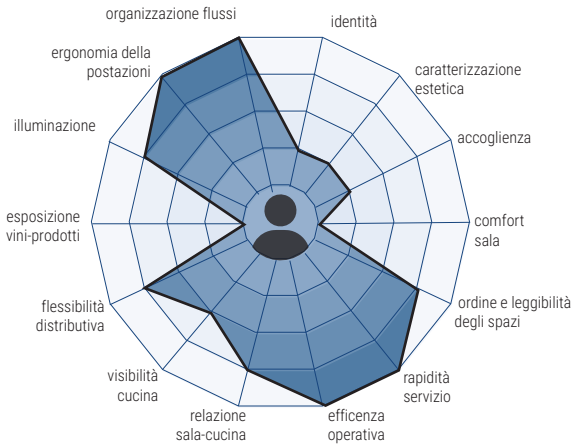
Profili di preferenza degli utenti

I profili della committenza e del personale sono stati ricostruiti attraverso l'interpretazione retrospettiva di bisogni, abitudini e preferenze emerse nel tempo.
I grafici radar hanno permesso di evidenziare le priorità individuali, individuando il principale insight progettuale.

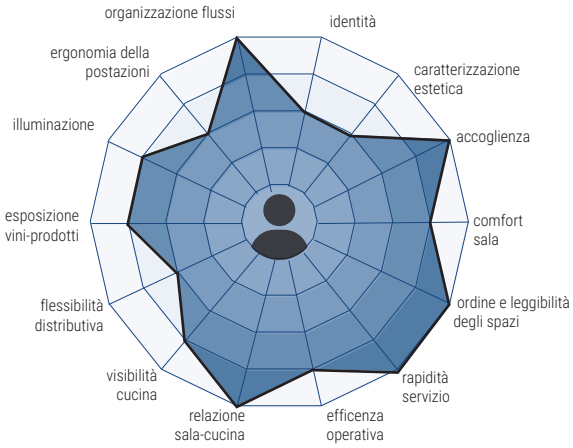
Committente



Valutazione media operatori cucina



Valutazione media operatori sala



INSIGHT CHIAVE

Il confronto tra committenza, operatori di cucina e lavoratori di sala evidenzia una convergenza tra identità del locale, rapidità del servizio e leggibilità funzionale. L'analisi ha però fatto emergere un dato non previsto: la prevalenza di operatori mancini in cucina. Questo ha portato a rifunzionalizzare le postazioni e i flussi operativi, migliorando efficienza, comfort e continuità tra preparazione e servizio.

Questa lettura ha orientato il progetto verso un ristorante efficiente, accogliente e con una forte identità, in cui ogni ambiente è stato pensato per valorizzare il lavoro e l'esperienza del cliente.

— Caso Studio

Dai dati alla strategia progettuale

L'analisi delle preferenze e delle priorità ha guidato la definizione delle scelte progettuali, trasformando i dati raccolti in strategie concrete e soluzioni coerenti con le reali esigenze.

1 Richiesta iniziale
Ristorante ordinato, riconoscibile e funzionale, con bar separato e cucina a vista

2 Dato emerso
Forte priorità attribuita a rapidità del servizio, organizzazione dei flussi ed ergonomia delle postazioni

3 Interpretazione dell'IA
La prevalenza di operatori mancini rendeva inefficiente una configurazione standard della cucina

4 Strategia progettuale
Rifunzionalizzazione ergonomica della cucina e coordinamento diretto tra preparazione, passaggio e servizio

5 Soluzione
Cucina organizzata secondo i flussi reali di lavoro, relazione diretta con la sala, bar distinto e percorsi più rapidi

Requisiti progettuali evidenziati dalle skills utente

- mantenere una forte identità del locale
- organizzare bar, sala e cucina come funzioni distinte ma coordinate
- garantire rapidità e continuità del servizio
- migliorare la leggibilità dei percorsi
- rendere la cucina efficiente per gli operatori effettivi
- accogliere il cliente in uno spazio ordinato e riconoscibile
- integrare l'esposizione dei vini
- garantire comfort e buona illuminazione della sala
- consentire il contatto visivo tra sala e cucina
- ridurre interferenze tra clienti, camerieri e operatori
- mantenere una distribuzione sufficientemente flessibile
- valorizzare la cucina quasi a vista senza esporre il disordine operativo

Conflitti progettuali

cucina quasi a vista	vs	controllo del disordine operativo	esposizione dei vini	vs	ordine e leggibilità della sala
rapidità del servizio	vs	separazione tra bar, sala e cucina	configurazione standard della cucina	vs	prevalenza di operatori mancini
forte identità estetica	vs	efficienza funzionale	relazione diretta sala–cucina	vs	controllo delle interferenze
accoglienza del cliente	vs	intensità dei flussi di lavoro	flessibilità della sala	vs	chiarezza distributiva

Strategie progettuali attivate

Ergonomia per operatori mancini
Postazioni e sequenze operative riorganizzate secondo la lateralità prevalente.

Flussi cucina ottimizzati
Preparazione, lavaggio, cottura e impiattamento disposti secondo una sequenza più fluida.

Relazione diretta sala–cucina
Riduzione dei tempi di percorrenza e maggiore coordinamento tra produzione e servizio.

Bar separato ma connesso
Autonomia funzionale senza interrompere la continuità del locale.

Cucina quasi a vista
Percezione dell'attività senza esposizione completa delle funzionie.

Percorsi leggibili
Distinzione tra movimento della clientela, servizio di sala e attività operative.

Esposizione integrata dei vini
Elemento identitario e funzionale incorporato nell'allestimento.

Illuminazione differenziata
Luce più tecnica nelle aree operative e più calda e raccolta nella sala.

Dalla strategia alla traduzione visiva

La strategia progettuale è stata tradotta in una proposta spaziale coerente con le priorità emerse.
I render illustrano il risultato dell'interpretazione dei dati e la qualità dell'esperienza prevista.





RISULTATO: 0 PROPOSTE DI REVISIONE DA PARTE DEL CLIENTE

Il progetto è stato approvato immediatamente alla prima presentazione.
La visualizzazione immersiva ha consentito alla committenza di verificare atmosfera, rapporto tra sala, bar e cucina, leggibilità dei percorsi e qualità dell'esperienza complessiva.
Non sono state richieste modifiche alla configurazione proposta.

CONTRIBUTO AL MODELLO

Il caso mostra come l'analisi integrata delle preferenze della committenza e delle esigenze operative possa far emergere condizioni non dichiarate, come la prevalenza di operatori mancini in cucina.
La verifica immersiva ha permesso di confermare in anticipo identità, comfort, flussi e funzionalità del ristorante, portando all'approvazione del progetto senza revisioni.

Accesso alla piattaforma:

Qr Code – Accesso alla piattaforma dell'ambiente virtuale navigabile
Il modello tridimensionale riproduce il progetto D13
Fonte: elaborazione dell'autore su progetto D13, Viaggio nel Futuro.



D12

Ampliamento showroom e spazi polifunzionali

TIPOLOGIA
Ristrutturazione e ampliamento di showroom

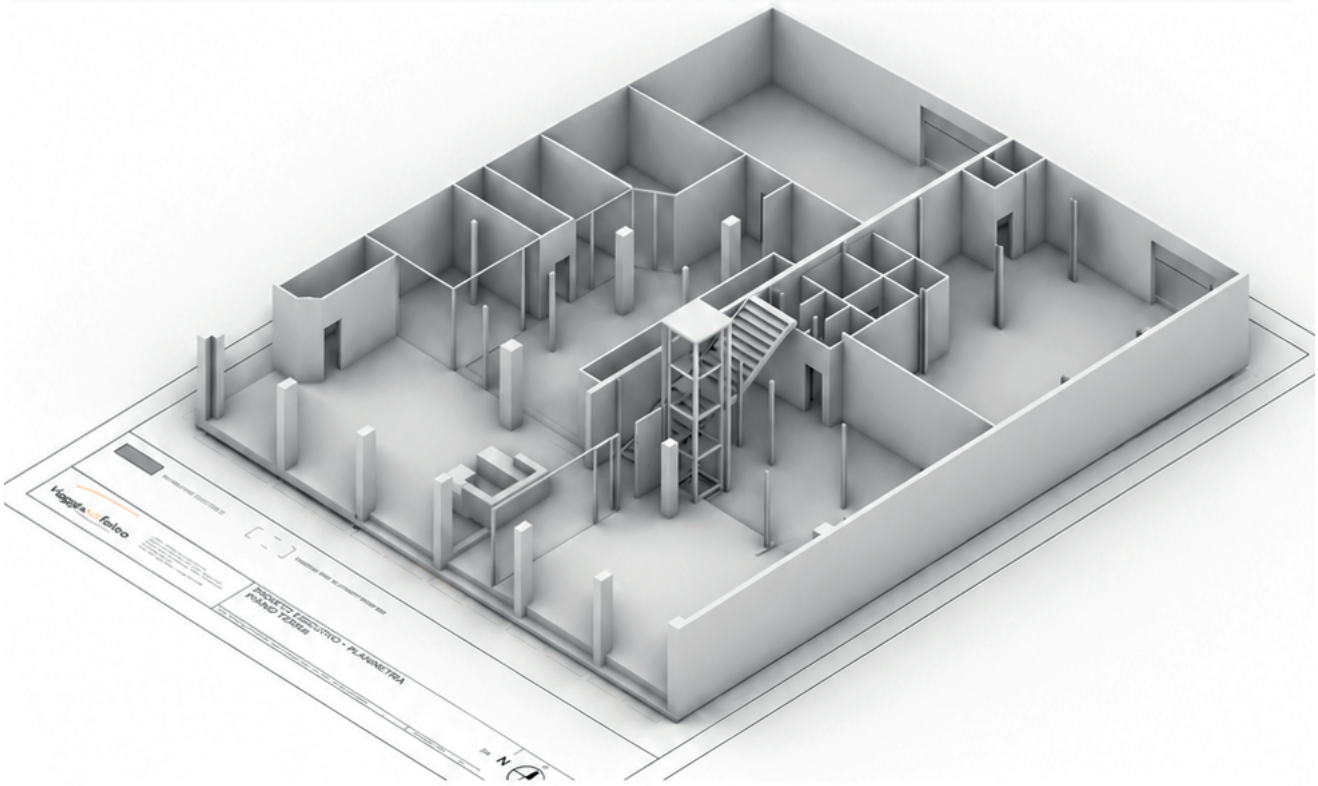
LUOGO
Pescara

ANNO DI PROGETTO
2026

SUPERFICIE
600 m²

UTENTI COINVOLTI
2 componenti della committenza e 2 addetti alla vendita

OBIETTIVO
Ampliare lo showroom e integrare uffici e spazi polifunzionali, costruendo percorsi leggibili e un'esperienza coordinata per clienti, personale e utenti dei professionisti.

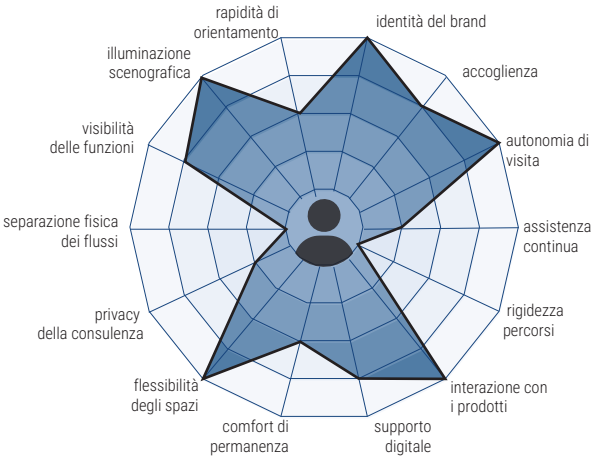


D12 riguarda l'ampliamento di uno showroom Finstral e l'inserimento di uffici e spazi polifunzionali all'interno di una superficie di circa 600 m².
Il progetto organizza l'esperienza espositiva e l'accesso agli studi professionali attraverso un sistema distributivo unitario, nel quale la reception svolge una funzione di accoglienza, orientamento e smistamento.
La visualizzazione immersiva ha consentito di verificare anticipatamente la leggibilità dei percorsi e la compresenza di utenti con obiettivi differenti.

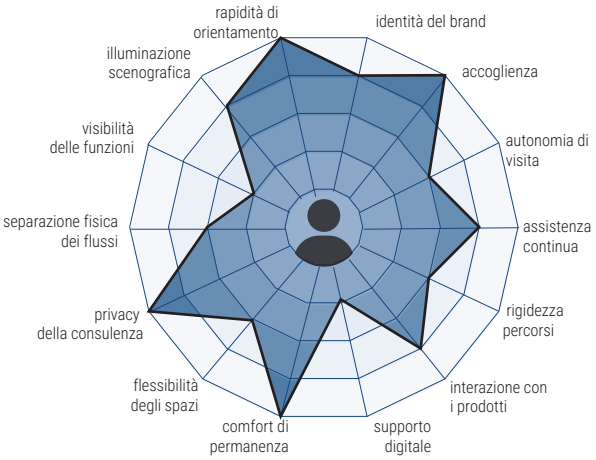
D12
Profili di preferenza degli utenti

L'analisi delle preferenze ha coinvolto due componenti della committenza e due addetti alla vendita.
Le skill valutate (scala 1–5) descrivono le aspettative nei confronti dell'esperienza all'interno dello showroom e delle aree professionali collegate.

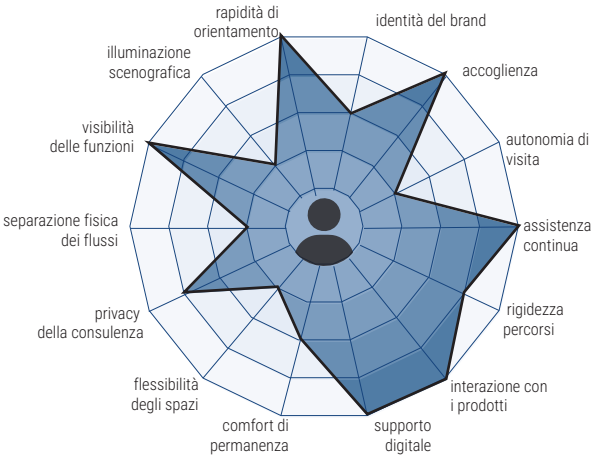
Committente1



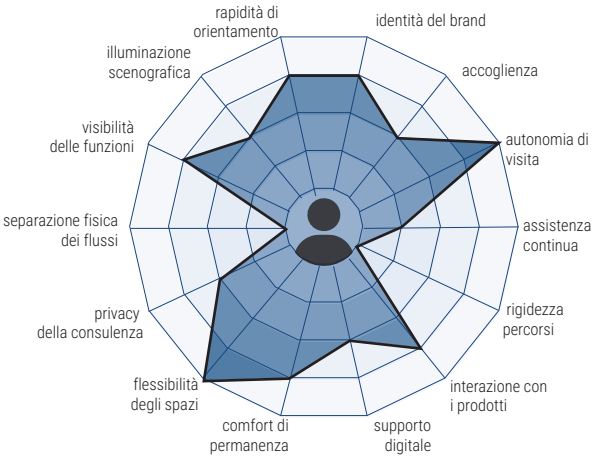
Committente2



Addetto vendite 1



Addetto vendite 2



INSIGHT CHIAVE

I quattro profili hanno evidenziato modalità differenti di intendere l'esperienza dello showroom: alcuni utenti privilegiano autonomia, flessibilità e libera esplorazione, mentre altri attribuiscono maggiore valore all'assistenza continua, al comfort e alla riservatezza della consulenza.
La separazione fisica tra i flussi è risultata poco rilevante per tutti i profili.
Il progetto ha quindi adottato un sistema ibrido, nel quale la reception orienta gli utenti, gli spazi espositivi restano liberamente fruibili e le aree professionali sono riconoscibili senza essere isolate.

Questa lettura ha orientato il progetto verso uno spazio aperto e polifunzionale, nel quale showroom, reception e uffici mantengono identità riconoscibili pur condividendo un sistema distributivo unitario e leggibile.

D12
Dai dati alla strategia progettuale

1 RICHIESTA INIZIALE

Ampliare lo showroom e integrare uffici e spazi polifunzionali all'interno di un sistema unitario.

2 DATO EMERSO

Profili differenti sul grado di autonomia, assistenza e privacy, ma basso interesse comune verso la separazione fisica dei flussi.

3 INTERPRETAZIONE DELL'IA

La criticità non riguarda l'incrocio dei percorsi, ma la loro immediata comprensione da parte di utenti con obiettivi differenti.

4 STRATEGIA PROGETTUALE

Sistema distributivo ibrido, con percorsi permeabili, gerarchie visive e reception come nodo di orientamento.

5 SOLUZIONE

Showroom liberamente esplorabile, accessi agli uffici riconoscibili, aree di consulenza riservate e flussi condivisi ma leggibili.

REQUISITI PROGETTUALI EVIDENZIATI DALLE SKILLS UTENTE

1. Mantenere riconoscibile l'identità Finstral.
2. Garantire una prima accoglienza chiara.
3. Consentire sia visita autonoma sia assistenza diretta.
4. Rendere prodotti e campioni facilmente accessibili.
5. Distinguere showroom, reception e spazi professionali.
6. Garantire rapidità di orientamento.
7. Integrare aree di consulenza più riservate.
8. Evitare separazioni fisiche eccessive.
9. Garantire flessibilità agli spazi polifunzionali.
10. Mantenere gli addetti visibili e facilmente raggiungibili.
11. Valorizzare l'illuminazione e la qualità percettiva.
12. Integrare strumenti digitali nel processo di scelta.

CONFLITTI PROGETTUALI

autonomia di visita	↔	assistenza continua
libera esplorazione	↔	percorso guidato
visibilità delle funzioni	↔	privacy della consulenza
percorsi condivisi	↔	accessi riconoscibili
flessibilità degli spazi	↔	chiarezza distributiva
apertura dello showroom	↔	controllo degli ingressi agli uffici
illuminazione scenografica	↔	leggibilità dei prodotti
supporto digitale	↔	relazione diretta con gli addetti

STRATEGIE PROGETTUALI ATTIVATE

RECEPTION COME NODO DISTRIBUTIVO
Accoglie, orienta e smista clienti dello showroom e utenti degli uffici.

PERCORSO ESPOSITIVO INTUITIVO
La sequenza dei prodotti resta leggibile senza imporre una visita rigidamente guidata.

AREE PROFESSIONALI RICONOSCIBILI
Gli accessi agli uffici sono visibili e distinguibili senza essere isolati.

CONSULENZA A LIVELLI DIFFERENZIATI
Sono previste aree aperte per il primo contatto e spazi più riservati per il confronto approfondito.

FLUSSI PERMEABILI MA GERARCHIZZATI
I percorsi possono incrociarsi mantenendo direzioni e destinazioni comprensibili.

FLESSIBILITÀ POLIFUNZIONALE
Gli spazi possono accogliere attività, professionisti e configurazioni differenti.

ESPOSIZIONE INTERATTIVA
Prodotti, campioni e strumenti digitali supportano una scelta autonoma o assistita.

ILLUMINAZIONE DIFFERENZIATA
La luce valorizza prodotti, orientamento e permanenza senza appiattire le diverse funzioni.

Dalla strategia alla traduzione visiva

La traduzione visiva verifica la coesistenza di showroom, reception e aree professionali all'interno di un sistema chiaro e condiviso.





RISULTATO: 2 REVISIONI DI VERIFICA, NESSUNA MODIFICA DISTRIBUTIVA

La configurazione spaziale e il sistema dei percorsi sono stati approvati alla prima presentazione. Le due revisioni successive hanno riguardato esclusivamente la regolazione dell'illuminazione e la sostituzione di una finitura, senza modificare l'impianto distributivo.

CONTRIBUTO AL MODELLO

Il caso mostra come l'analisi dei profili e la comunicazione immersiva possano coordinare utenti, funzioni e modalità di fruizione differenti all'interno di uno spazio unitario. La verifica preventiva ha permesso di confermare il sistema dei percorsi, la reception come nodo di orientamento e la convivenza tra showroom e aree professionali, limitando le revisioni agli aspetti percettivi e materici.

Accesso alla piattaforma:

Qr Code – Accesso alla piattaforma dell'ambiente virtuale navigabile
Il modello tridimensionale riproduce lo spazio espositivo del progetto sviluppato per Finstral e Centro Italia Infissi
Fonte: elaborazione dell'autore su progetto Finstral – Centro Italia Infissi.



Altre realizzazioni

commerciale

2023

Tramaré
Barletta (BAT)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



IN CORSO

Cupidum
Cerignola (FG)

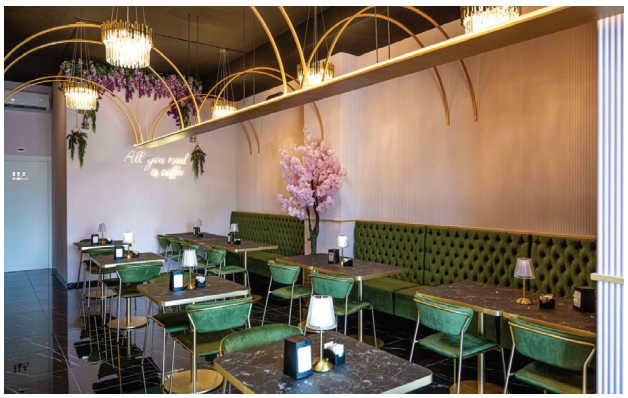
progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



2024

Gambrinus
Barletta (BAT)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



2024

D05
Termoli (CB)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



Altre realizzazioni

residenziale

2023

Casa S+F
Cerignola (FG)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



IN CORSO

Casa DF
Lettomanoppello (PE)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



2024

Palazzo Primavera
Cerignola (FG)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



IN CORSO

Casa MR
Cerignola (FG)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



Altre realizzazioni

enti e pubblica amministrazione

2023

Ponte Rio Bousset
Entracque (CN)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



2024

Asilo Nido
Zapponeta (FG)

progettazione architettonica
esecutiva e visualizzazione in VR



IN CORSO

Cimitero
Sant'Agata di Puglia (FG)

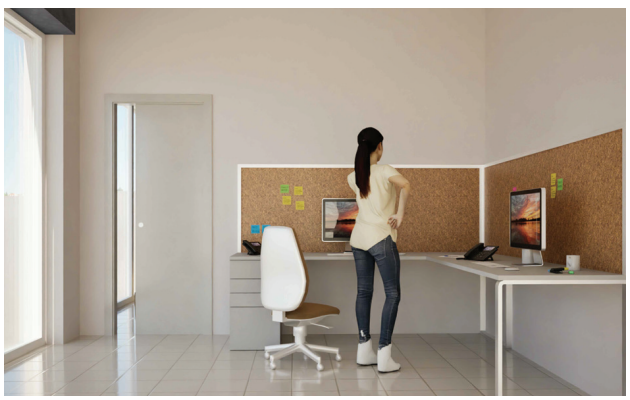
progettazione, DL, CSP, CSE
restituzione in Realtà Aumentata



2024

Centro rurale VVF
Stigliano (MT)

progettazione esecutiva, DL e
visualizzazione in VR



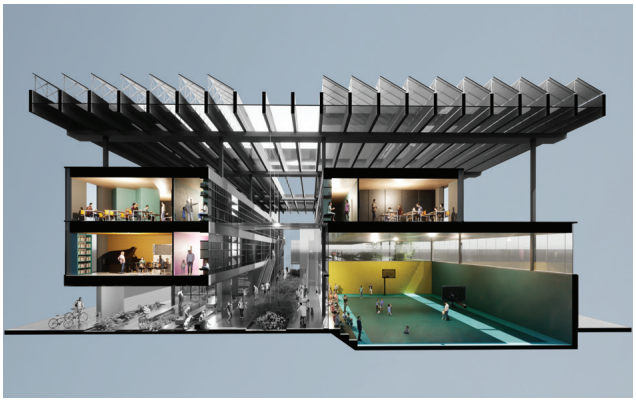
Altre realizzazioni

enti e pubblica amministrazione

2023

Istituto comprensivo
Montesilvano (PE)

progettazione conto terzi per gara
e visualizzazione in VR



IN CORSO

Sottostazione SAET Spa
Montalto di Castro (VT)

progettazione rivestimento e
visualizzazione in VR



2024

Monumento ai mutilati
Cerignola (FG)
progetto di recupero del
monumento e restituzione
tramite laser scanning e VR



IN CORSO

Parco della rimembranza
Sant'Agata di Puglia (FG)

progettazione,
restituzione in Realtà Aumentata

