

ARTICLE INFO

Received 11 March 2026
Revised 21 April 2026
Accepted 24 April 2026
Published 30 June 2026

PARTI REVERSIBILI DELL'ABITARE

Atlante Digitale per la rigenerazione incrementale dell'Edilizia Residenziale Pubblica

SOFT PARTS OF LIVING

Digital Atlas for the incremental regeneration of Public Residential Housing

Spartaco Paris, Carlo Vannini

ABSTRACT

Il contributo propone una metodologia per la rigenerazione incrementale dell'edilizia residenziale pubblica romana realizzata con processi industrializzati e componenti prefabbricati, assumendo il digitale come infrastruttura di conoscenza e non come semplice strumento rappresentativo. Muovendo da una ricerca dottorale sul primo PEEP di Roma lo studio costruisce un Atlante Digitale, una matrice decisionale e un abaco operativo per rendere legibili criticità, priorità e compromessi delle trasformazioni. Il lavoro mostra come questo Patrimonio costruito si presti a trasformazioni diverse e calibrate caso per caso, a partire dai caratteri, dai bisogni dell'abitare e dai vincoli gestionali. Rigenerare non significa conservare per inerzia, né adeguare soltanto sul piano prestazionale, ma restituire abitabilità attraverso un progetto capace di distinguere tra ambiente, tecnica e società.

The contribution proposes a methodology for the incremental regeneration of Roman public housing, realised through industrialised processes and prefabricated components, understanding digital technologies as a knowledge infrastructure rather than a mere representative tool. Starting from doctoral research on the first PEEP in Rome, the study constructs a Digital Atlas, a decision matrix, and an operational abacus to make the critical issues, priorities, and compromises of transformation legible. The work shows how this built heritage lends itself to different transformations calibrated on a case-by-case basis, on the basis of constructional characteristics, housing needs, and management constraints. Regenerating does not mean preserving through inertia, nor adapting only in terms of performance, but restoring habitability through a project capable of distinguishing between environment, technology, and society.

KEYWORDS

edilizia residenziale pubblica, atlante digitale, rigenerazione adattiva, prefabbricazione, parti reversibili

public housing, digital atlas, adaptive regeneration, prefabrication, soft parts

Spartaco Paris, Architect and PhD, is a Professor of Architectural Technology at the 'Sapienza' University of Rome (Italy). He directs the CITERA Centre and has taught at numerous Italian and international Universities, including Politecnico di Milano, UPC Barcelona, TU Eindhoven, KU Leuven, and East China Normal University. He is the co-founder of the start-up BEST Design and works on technological innovation, design, and the built environment. E-mail: spartaco.paris@uniroma1.it

Carlo Vannini, Architect and PhD, is a Postdoctoral Research Fellow at the 'Sapienza' University of Rome (Italy). His research activity concerns technological innovation applied to the redevelopment and conservation of modern and post-war architectural heritage, with a focus on public housing and urban quality. He works with advanced methodologies and tools for design and construction processes to support the digital transformation of the construction sector. He is a partner of BEST Design, a start-up from 'Sapienza' University of Rome, which develops projects to support the construction industry through digital systems. E-mail: carlo.vannini@uniroma1.it



L'impatto dei cambiamenti climatici, l'aumento del costo dell'energia e la crescente fragilità sociale delle periferie impongono una revisione profonda dei modelli con cui intervenire sul patrimonio costruito del secondo Novecento (Bologna, 2021). In questo quadro la rigenerazione dell'Edilizia Residenziale Pubblica (ERP) italiana non può essere ridotta a un semplice problema di efficientamento energetico, né affrontata attraverso pacchetti standardizzati di retrofit (Ginelli and Castiglioni, 2012). I complessi realizzati nella stagione sviluppatasi a Roma tra gli anni Settanta e Ottanta dello scorso secolo (Maldonado, 1978), fortemente caratterizzata da un approccio industriale al cantiere e dall'impiego di sistemi prefabbricati (Figg. 1, 2), includono criticità tecniche, questioni gestionali, rigidità tipologiche e vulnerabilità sociali che richiedono dispositivi di conoscenza più articolati (Di Giorgio, 2011). In linea con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) n. 9 e n. 10 il contributo assume tali quartieri come infrastrutture sociali: quando essi degradano o non risultano più adeguati agli usi contemporanei, le disuguaglianze si amplificano attraverso esposizioni differenziali al disagio termico, alla povertà energetica, alle barriere di accessibilità e alla perdita di qualità d'uso degli spazi intermedi e collettivi (Cangelli, 2025).

Il contributo si fonda su una ricerca dottorale dedicata al rinnovo sostenibile dell'edilizia pubblica romana e adotta come laboratorio il Patrimonio industrializzato del primo Piano di Edilizia Economica e Popolare della Città di Roma. Il punto di partenza è un disallineamento ricorrente: gli interventi sul Patrimonio ERP prefabbricato sono spesso definiti attraverso misure tecniche settoriali che trascurano le logiche costruttive originarie, le trasformazioni stratificate prodotte da decenni di manutenzione e di adattamenti d'uso nonché i vincoli socio-tecnici tipici della gestione pubblica: ne consegue che le scelte progettuali risultano spesso opache, difficilmente comparabili e poco trasferibili (Paris and Bianchi, 2018).

Da qui l'ipotesi di lavoro: un rinnovo efficace ed equo non può essere inteso come mera somma di tecnologie, ma richiede un'infrastruttura di conoscenza capace di rendere espliciti sistemi, vulnerabilità, margini di trasformazione, priorità e compromessi (Picon, 2010). Il contributo persegue tre obiettivi: definire un protocollo di conoscenza e decisione per la rigenerazione incrementale dell'Edilizia Residenziale Pubblica industrializzata; mostrarne la traduzione in Atlante Digitale, matrice decisionale e abaco operativo; verificarne la pertinenza su un insieme di casi del primo Piano di Edilizia Economica e Popolare di Roma, assunto come campo di prova per una metodologia trasferibile. In questo senso, le 'parti reversibili'¹ dell'edificio, vale a dire componenti non strutturali, aggiornabili e a vita utile più breve che consentono di produrre benefici significativi con impatti di cantiere compatibili con budget limitati e occupazione continua (Habraken, 1999), costituiscono un ambito privilegiato di intervento.

Il contributo è articolato in sei passaggi: stato dell'arte; metodologia e fasi operative; caso studio romano; risultati; governance, barriere e trasferibilità; riflessione su sinergie e compromessi rispetto agli SDG 9 e 10 dell'Agenda 2030. L'interesse del contributo risiede nella possibilità di esplicitare un protocollo replicabile anche al di là del caso romano, utile per Patrimoni ERP comparabili.

Stato dell'arte e casi di riferimento | La rigenerazione del Patrimonio abitativo del secondo Novecento è oggi attraversata da una doppia tensione (Migotto and Tattara, 2023): vi è da un lato l'urgenza ambientale che impone di ridurre consumi energetici, emissioni e uso di risorse, dall'altro la necessità di evitare che la transizione ecologica produca nuove esclusioni, attraverso interventi costosi, invasivi o incompatibili con la permanenza degli abitanti (Battaino, Fossati and Marconi, 2025).

In molti contesti europei il Patrimonio di Edilizia Residenziale Pubblica e collettiva del secondo Novecento, soprattutto quello realizzato con tecniche industrializzate e componenti prefabbricati, presenta ricorrenze tecnologiche e vulnerabilità note: pannelli prefabbricati, nodi e giunti critici, ponti termici, serramenti obsoleti, carenze di ventilazione e scarsa accessibilità alla manutenzione (Block and Ruggiero, 2023). Tuttavia il ricorso a soluzioni di retrofit 'a catalogo' mostra tutti i suoi limiti quando non considera il carattere situato dei problemi, la storia manutentiva dei manufatti e i vincoli della gestione pubblica (Boughton, 2023).

All'interno del dibattito europeo le strategie di intervento tendono a oscillare tra approcci conservativi e trasformativi (Jessen and Schneider, 2006): i primi mirano a preservare l'identità architettonica dell'edificio, migliorandone le prestazioni e il comfort, mentre i secondi riscrivono in modo più marcato gli involucri, le soglie, gli spazi intermedi e le relazioni con il suolo. In entrambi i casi i progetti più rilevanti mostrano come la riqualificazione dell'ERP non sia riducibile a un problema energetico, ma coinvolga il rapporto tra interno ed esterno, tra spazio individuale e collettivo, tra edificio e quartiere (Plevoets and Van Cleempoel, 2019). Il tema dell'abitare si intreccia così con quelli della permanenza, dell'accessibilità economica, della gestione del cantiere e dell'uso quotidiano (Graf and Marino, 2016).

In questa prospettiva risultano particolarmente interessanti alcuni casi europei recenti selezionati sulla base di quattro criteri: appartenenza a contesti comparabili a quello italiano; riferimento a edifici del secondo Novecento; presenza di tecnologie industrializzate o prefabbricate; rilevanza rispetto al rapporto tra conservazione, trasformazione e abitabilità (Ciorra and Marini, 2011). La comparabilità non è fondata sulla mera somiglianza formale tra gli edifici ma sulla ricorrenza di alcune condizioni: serialità costruttiva, vulnerabilità prestazionali, presenza di componenti ripetitive, necessità di contenere costi e livelli di interferenza del cantiere, permanenza degli abitanti durante almeno una parte del processo di trasformazione. La selezione non intende costruire un repertorio esaustivo, ma individuare esperienze capaci di mostrare come la trasformazione del Patrimonio residenziale moderno si misuri con il problema della continuità d'uso, con la qualità dello spazio intermedio e con il rapporto tra miglioramento prestazionale e ridefinizione dell'abitare (Guidetti, 2025).

De Flat Kleiburg ad Amsterdam (Paesi Bassi), su progetto di NL Architects, costituisce un esempio di intervento conservativo che evita la demolizione valorizzando la struttura esistente e introducendo un modello di trasformazione a bassa soglia economica. Park Hill a Sheffield (Regno Unito) mostra invece l'ambivalenza di processi di riqualificazione capaci di restituire qualità architettonica a un grande complesso modernista ma anche di produrre effetti selettivi sul piano sociale. Le Torri

di Madonna Bianca a Trento (Italia) rappresentano un caso rilevante di aggiornamento prestazionale e manutentivo di un Patrimonio prefabbricato italiano. I casi di Gécicart a Lormont (Francia) e di Ellebo Garden Room a Ballerup (Danimarca) evidenziano infine come gli interventi trasformativi possano agire su logge, facciate, spazi intermedi e suolo per migliorare comfort e qualità relazionale dell'abitare (Druot, Lacaton and Vassal, 2007).

Dal confronto con queste esperienze emergono tre aspetti: il primo è che la qualità dell'intervento non dipende solo dalla profondità tecnica del retrofit, ma anche dalla capacità di costruire scenari coerenti con il carattere costruttivo dell'edificio e con le condizioni d'uso reali; il secondo è che l'efficacia sociale della rigenerazione non è automatica, poiché anche un buon progetto può produrre come esito l'esclusività se non governa correttamente accessibilità economica, tempi, disagi e permanenza degli abitanti (Secchi, 2013); il terzo è che manca, in molti casi, una vera infrastruttura di conoscenza sul componente edilizio, in grado di tradurre analisi, criticità e obiettivi in decisioni tracciabili e comparabili. Ciò comporta alcune variabili assunte nella costruzione della matrice decisionale, tra cui invasività del cantiere, compatibilità con la continuità d'uso, impatto sulle prestazioni ambientali, effetti sulla qualità spaziale e relazionale, manutenibilità, sostenibilità economica, robustezza gestionale e replicabilità delle soluzioni (Paganin et alii, 2024). È in questo passaggio che il presente contributo colloca la propria proposta metodologica, la cui originalità risiede nell'intreccio tra oggetto, metodo, strumento ed esito operativo.

Metodologia e fasi operative | La ricerca pone una domanda duplice: quali caratteristiche del Patrimonio ERP industrializzato condizionano la sua trasformabilità e quali strategie possono migliorarne le prestazioni e l'abitabilità, restando compatibili con il contesto urbano, sociale e gestionale? Per rispondere la ricerca definisce una metodologia articolata in tre fasi, concepita per essere ripetibile in contesti comparabili. L'impostazione adottata un approccio del tipo *research-by-design*², in cui la costruzione della conoscenza, l'interpretazione critica del costruito e la definizione di scenari progettuali procedono in modo integrato, senza separare rigidamente analisi e progetto (Ortega, 2017).

La prima fase consiste nella costruzione della base conoscitiva che comprende la digitalizzazione e la rilettura critica di archivi progettuali, relazioni tecniche, elaborati esecutivi, documentazione fotografica e materiali prodotti dagli Enti gestori; la ricostruzione delle logiche costruttive originarie; la mappatura delle alterazioni intervenute nel tempo; la ricognizione dei cicli manutentivi, dei guasti ricorrenti e delle pratiche d'uso (Graf, 2014). In questa fase non si tratta soltanto di 'raccolgere dati' ma di costruire una nomenclatura stabile dei sistemi, sottosistemi, componenti e nodi, capace di costituire la base comune per le fasi successive. L'obiettivo non è quindi la semplice restituzione documentaria del Patrimonio esistente ma la costruzione di una struttura informativa interrogabile, utile a mettere in relazione i caratteri costruttivi, le vulnerabilità ricorrenti e i margini di trasformazione. Nel caso romano tale base è stata costruita a partire da un insieme integrato di fonti documentarie, rilievi diretti, documentazione fotografica e materiali relativi a interventi recenti o programmati.



Fig. 1 | Torrevecchia (Rome, around 1980): the building site and the tunnel formwork construction system (source: Archivio Studio Passarelli).

La seconda fase traduce le evidenze raccolte in ricostruzioni digitali e in librerie parametriche di componenti. Il rilievo geometrico e materico, integrato con controlli diagnostici mirati, consente di verificare le consistenze, le discontinuità, l'accessibilità alla manutenzione e le principali criticità prestazionali. Una particolare attenzione è dedicata agli elementi più esposti all'obsolescenza, tra cui le chiusure verticali, i serramenti, le logge, le schermature, gli spazi di soglia, le parti impiantistiche accessibili, i sistemi di distribuzione e gli spazi comuni. Parallelamente vengono effettuate verifiche mirate sul comfort termo-igrometrico, sulla ventilazione, sull'illuminazione naturale, sull'accessibilità e sulla qualità d'uso, così da evitare che il modello digitale resti un mero supporto rappresentativo.

In questa fase il modello digitale non coincide con un'unica operazione di rilievo o di rappresentazione ma assume il ruolo di dispositivo interpretativo e comparativo, attraverso il quale i dati raccolti vengono selezionati, organizzati e messi in relazione con possibili famiglie di intervento (Picon, 2022). È in questo passaggio che l'approccio del tipo *research-by-design* diventa operativo: il progetto non compare solo come esito finale ma come strumento di verifica intermedia, utile a testare la pertinenza delle informazioni raccolte e a orientarne la lettura in chiave trasformativa (Osello et alii, 2024).

La terza fase riguarda l'assemblaggio e il confronto tra scenari incrementali. A partire dalla struttura basata sul componente edilizio definita nelle prime due fasi, vengono sviluppati e testati pacchetti di intervento su un insieme di casi selezionati. Tali scenari sono comparati attraverso una matrice decisionale (Tab. 1) che mette in relazione benefici e vincoli: miglioramento energetico e di comfort, riduzione delle barriere d'uso, fattibilità tecnica, compatibilità con la continuità d'uso, manutenibilità, impatti di cantiere, requisiti di approvvigionamento.

L'esito non è un 'progetto unico', ma un sistema di opzioni argomentate e comparabili. La comparazione tra scenari non mira dunque a identificare una soluzione ottimale in astratto, bensì a rendere espliciti i criteri con cui le diverse opzioni vengono valutate, evidenziandone le convergenze, le tensioni e i compromessi.

La replicabilità del metodo risiede nella chiarezza delle sue unità operative e dei criteri con cui gli scenari vengono confrontati: base dati, tassonomia, ricostruzione digitale, verifica delle criticità, comparazione tramite matrice, traduzione in abaco. Gli input comprendono fonti d'archivio progettuali e manutentive, rilievi geometrici e materici, documentazione fotografica, riscontri in situ su nodi e componenti ricorrenti e dati relativi a condizioni d'uso, accessibilità, comfort e gestione. Tali informazioni sono ricondotte a una struttura classificatoria articolata in sistemi, sottosistemi, componenti e nodi, assunta come base comune per la lettura comparativa dei casi e per il popolamento dell'Atlante Digitale. L'affidabilità delle evidenze è invece garantita dalla triangolazione tra fonti d'archivio, rilievi in situ e controlli di consistenza su componenti e nodi ricorrenti. Quanto alla validazione la metodologia distingue una validazione *ex ante* – basata su verifiche prestazionali, coerenza tra fonti, classificazione e costruzione degli scenari – e una validazione *ex post*, ancora da implementare sistematicamente, fondata su monitoraggio dei consumi reali, valutazioni post-occupazione, registri di manutenzione, segnalazioni d'uso e questionari di comfort: la metodologia definisce un processo potenzialmente reiterabile, nel quale produzione dei dati, formulazione degli scenari e verifica dei risultati possono essere progressivamente aggiornate.

Il caso di studio: il primo PEEP di Roma come laboratorio | Il primo Piano di Edilizia Economica e Popolare di Roma³ costituisce un laboratorio par-

ticolarmente significativo per sperimentare il protocollo descritto. La sua rilevanza dipende dalla scala e dalla combinazione di quattro condizioni: 1) diffusione di sistemi industrializzati e prefabbricati; 2) ricorrenza di problemi manutentivi e prestazionali; 3) presenza di variazioni tipologiche sufficienti a testare la trasferibilità interna del metodo; 4) persistenza di vincoli tipici della gestione ERP, come l'occupazione continua, le risorse limitate e la frammentazione dei cicli di manutenzione. Il primo PEEP romano consente di osservare, entro un medesimo contesto istituzionale e amministrativo, una pluralità di configurazioni edilizie e insediative (Fig. 3) che rendono possibile il confronto tra casi differenti senza compromettere la coerenza del campo di analisi (Dell'Acqua and Sansò, 2022).

L'attenzione si concentra in particolare sul Patrimonio costruito negli anni Settanta, periodo in cui la serializzazione costruttiva e la prefabbricazione diventano strumenti essenziali per produrre rapidamente grandi quantità di alloggi. Se tali scelte hanno consentito un'accelerazione senza precedenti dei tempi di realizzazione hanno anche generato rigidità distributive, criticità nei nodi di facciata, scarsa adattabilità nel tempo e vulnerabilità prestazionali oggi evidenti (Figg. 4, 5). La compresenza di logiche ripetitive e di varianti locali rende il caso romano particolarmente adatto a verificare un'impostazione basata sulla scomposizione in sistemi, sottosistemi, componenti e nodi, evitando sia generalizzazioni astratte sia letture esclusivamente monografiche (Fig. 6).

La selezione dei casi studio segue criteri dichiarati: disponibilità di fonti e rilievi; significatività tipologica; presenza di sistemi prefabbricati o industrializzati; interesse rispetto a trasformazioni in atto o programmate. A tali criteri si affianca la volontà di includere casi in grado di restituire condizioni differenti di conservazione, di accessibilità delle informazioni e di livelli di trasformazione già intervenuti,

Scenario	Main components involved	Technical and use-related benefits (+)	Technical feasibility (+)	Construction disruption (-)	Compatibility with continued occupancy (+)	Maintainability (+)	Procurement complexity (-)	Cost and programme impact (-)	Replicability (+)	Evidence base
S1 Targeted soft-parts upgrade	Windows and external doors, solar-shading devices, threshold components, minor accessible building-services adjustments	3	5	1	5	4	2	2	5	Archival drawings, in-situ survey, recurring junction analysis
S2 Intermediate environmental package	Windows and external doors, solar shading, loggias / bioclimatic buffer spaces, selected shared-space upgrades	4	3	3	4	3	3	3	4	Archival sources, survey, digital model, and scenario comparison
S3 Advanced interface reconfiguration	Dry envelope retrofit, façade upgrades, intermediate spaces, circulation and shared-space reconfiguration	5	2	5	2	3	5	5	3	Archival sources, survey, and model-based scenario testing

Tab. 1 | Comparative decision matrix for incremental retrofit scenarios applied to soft parts in industrialised public housing. Legend: 1 = very low; 2 = low; 3 = medium; 4 = high; 5 = very high. Criteria direction: (+) higher values are preferable; (-) lower values are preferable. Nature of data: comparative expert assessment based on triangulation of archival sources, in situ survey, recurring component/junction analysis and digital scenario testing. Interpretive note: the matrix does not automate decision-making; it makes trade-offs explicit and comparable across scenarios (credit: the Authors, 2026).

2). Si possono così distinguere pacchetti minimi, orientati al comfort e alla riduzione della povertà energetica con bassa ‘disruption’, basati ad esempio su serramenti, schermature e microinterventi sulle soglie; pacchetti intermedi che integrano dispositivi bioclimatici e interventi sugli spazi comuni; pacchetti più avanzati che ridefiniscono in modo più profondo le interfacce, gli spazi intermedi e le relazioni con il suolo. L’abaco risulta utile anche in chiave di approvvigionamento perché chiarisce i prerequisiti, le sequenze, i requisiti prestazionali minimi, le parti replicabili e le parti specifiche. Esso rappresenta la traduzione più operativa e applicabile dell’intero percorso di ricerca (Fig. 15) poiché mette in relazione criteri progettuali, l’intensità dell’intervento e le condizioni di fattibilità, offrendo una base utile alla progettazione, alla programmazione e alla gestione degli interventi.

Nel complesso i risultati mostrano che la rigenerazione di questo stock immobiliare, in larga parte costruito secondo logiche prefabbricate e industrializzate, non richiede necessariamente interventi totali per essere efficace (Lepratto, 2024). Decisiva appare la capacità di costruire un quadro conoscitivo che colleghi vulnerabilità ricorrenti e margini di trasformazione a opzioni tecniche compatibili con le risorse, i tempi e la gestione reale. L’efficacia dell’intervento dipende meno dalla sua radicalità astratta che dalla possibilità di calibrare scenari progressivi, comparabili e argomentati, nei quali benefici attesi, limiti operativi e compromessi risultino espliciti (Reichlin and Pedretti, 2011).

Governance, barriere e trasferibilità | Uno dei punti più delicati del dibattito contemporaneo sulla rigenerazione dell’ERP riguarda il rapporto tra la qualità tecnica dell’intervento e quella del processo decisionale che lo genera. Nel caso in esame l’Atlante e la matrice non hanno senso se non come dispositivi capaci di connettere conoscenza tecnica, gestione pubblica e bisogni d’uso. Per tale mo-

tivo il protocollo attribuisce un ruolo decisivo ai soggetti coinvolti (ricercatori, progettisti, enti gestori, strutture tecniche, amministrazioni e abitanti), il cui coinvolgimento non è concepito in forma genericamente partecipativa, ma per la co-definizione progressiva dei criteri e dei pesi con cui gli scenari vengono valutati. In particolare la possibilità di integrare nel processo variabili legate a discomfort, accessibilità, uso degli spazi intermedi o tollerabilità del cantiere consente di attribuire un contenuto concreto alla nozione di equità.

L’applicazione del protocollo rende tuttavia evidenti anche alcuni limiti della ricerca, che riguardano soprattutto il campione, la disponibilità disomogenea dei dati, la scala di indagine e il carattere ancora prevalentemente ex ante della validazione, oltre a una serie di barriere che ostacolano la diffusione di approcci incrementali basati sulla conoscenza. Vi sono innanzitutto barriere culturali, legate alla persistenza di una visione del retrofit come risposta tecnico-normativa standardizzata; vi sono poi barriere economiche e amministrative che tendono a privilegiare misure facilmente contabilizzabili o allineate a strumenti di finanziamento settoriali, penalizzando interventi più integrati ma anche più difficili da incasellare.

A queste si aggiungono barriere tecniche dovute alla frammentazione delle informazioni, all’assenza di rilievi sistematici, alla discontinuità dei registri manutentivi e alla difficoltà di mettere in relazione gli archivi storici, lo stato di fatto e la progettazione contemporanea. Infine esistono barriere normative e procedurali che spesso non premiano la costruzione di pacchetti progressivi e manutenibili, né la possibilità di aggiornare nel tempo la base conoscitiva, cui si sommano difficoltà sociali e gestionali nel coinvolgere gli abitanti nella definizione delle priorità e dei livelli accettabili di ‘disruption’ (Nelson and Schneider, 2019).

Quanto alla trasferibilità il contributo sostiene che il protocollo può essere esteso ad altri contesti

europei comparabili a tre condizioni: la prima è che si lavori su Patrimoni con ricorrenze costruttive sufficientemente leggibili da poter essere ricodificate per sistemi, sottosistemi, componenti e nodi; la seconda è che si dichiarino con chiarezza le variabili da ritrarre localmente (clima, assetto gestionale, disponibilità di dati, politiche abitative e forme di vulnerabilità sociale); la terza è che l’uso del digitale non sia assunto come fine in sé, ma come supporto alla costruzione di scelte argomentate. Sono pertanto trasferibili in modo più diretto la logica di scomposizione, la costruzione dell’Atlante, il ricorso a una matrice decisionale esplicita e la traduzione degli esiti in abachi operativi, mentre richiedono adattamento locale i pesi attribuiti alle variabili, i prerequisiti tecnici e le priorità di intervento. Roma non è dunque caso eccezionale ma laboratorio utile a esplicitare una struttura metodologica applicabile altrove.

Benefici e compromessi | Il contributo si colloca direttamente all’intersezione tra gli SDG 9 e 10: rispetto al primo propone di leggere il digitale non semplicemente come strumento di modellazione, ma come infrastruttura cognitiva a supporto di decisioni più trasparenti, tracciabili e replicabili nel campo della rigenerazione del Patrimonio costruito; rispetto al secondo sostiene che la riduzione delle disuguaglianze nell’abitare non dipenda soltanto dalla quantità di alloggi disponibili, ma anche dalla capacità di migliorare in modo equo condizioni di comfort, accessibilità, sicurezza e qualità degli spazi condivisi senza espellere gli abitanti né imporre livelli di ‘disruption’ insostenibili (Bason et alii, 2020).

A questi due obiettivi principali si associano sinergie con altri SDG: con l’SDG 11 per il contributo alla resilienza e all’inclusività degli insediamenti esistenti; con l’SDG 7, nella misura in cui gli interventi sulle parti reversibili possono contribuire al miglioramento delle prestazioni energetiche e alla riduzio-

Fig. 3 | Tor Bella Monaca (Rome): orthophoto of the residential complex (credit: Google Maps, 2025).

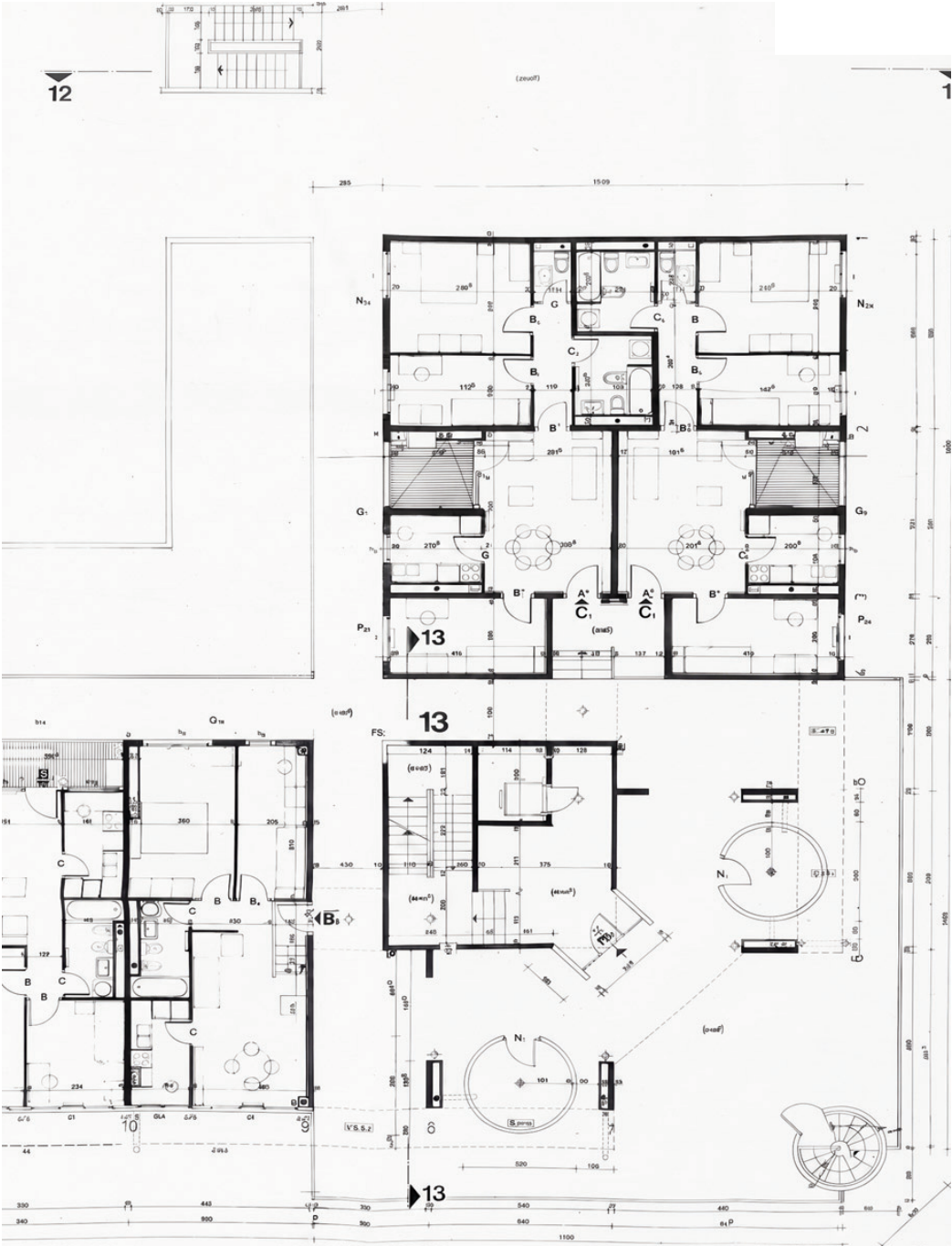


Fig. 4 | Tor Bella Monaca (Rome): selection of archive documents related to the complex and the main features of the settlement system (source: Fondo Pietro Barucci).

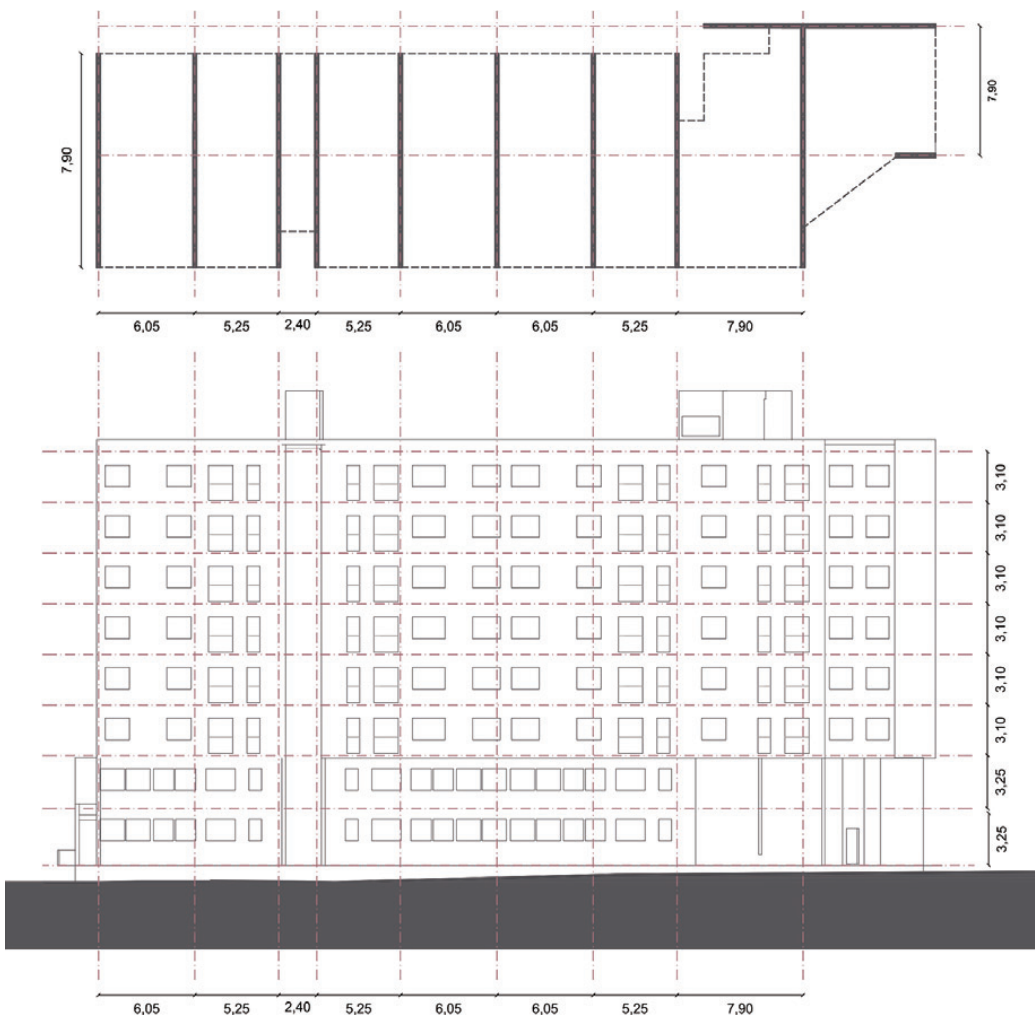


Fig. 5 | Extract from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): plan and elevation diagram of the building system (credit: C. Vannini, 2025).

ne della povertà energetica entro condizioni compatibili con risorse limitate e occupazione continua; con l'SDG 13 per il prolungamento della vita utile degli edifici e la riduzione dei consumi (Petzet and Heilmeyer, 2012); con l'SDG 3 per gli effetti del miglioramento della ventilazione, del comfort estivo e della qualità degli spazi condivisi sul benessere quotidiano.

Il protocollo rende però visibili anche i compromessi. Un primo compromesso riguarda la tensione tra la massimizzazione delle prestazioni e la minimizzazione della 'disruption': interventi molto spinti possono essere tecnicamente efficaci, ma difficilmente compatibili con un'occupazione continua, con tempi di cantiere contenuti e con risorse limitate. Un secondo compromesso emerge tra la trasformazione dell'immagine e la sostenibilità gestionale: soluzioni più incisive sul piano formale o spaziale possono migliorare la qualità percepita e l'abitabilità, ma non sempre risultano le più robuste o manutenibili nel lungo periodo.

E ancora il rapporto tra adattamento locale e replicabilità rivela che maggiore è la capacità di tarare finemente l'intervento al caso specifico, maggiore può essere la difficoltà di trasferire in blocco le soluzioni adottate; infine la relazione tra innovazione tecnica e capacità amministrativa deve cambiare poiché anche approcci progressivi e mirati richiedono una regia istituzionale in grado di coordinare dati, priorità, tempi, finanziamenti e strumenti di attuazione. La forza dell'approccio proposto risiede proprio nel non occultare tali tensioni e nel trasformarle in elementi espliciti del processo decisionale.

Conclusioni | Il contributo propone un cambio di paradigma: dall'applicazione di misure standard alla costruzione di un dispositivo capace di orientare decisioni incrementali, trasparenti e discutibili. Atlante, matrice e abaco collegano patologie ricorrenti e margini di trasformazione a opzioni tecnologiche compatibili con gestione pubblica, budget limitati e continuità d'uso. In questo quadro il digitale non è il fine dell'innovazione ma il mezzo che rende tracciabili i passaggi attraverso cui si costruiscono priorità, sequenze e compromessi.

Sul piano scientifico il principale avanzamento riguarda l'interpretazione delle 'parti reversibili' come campo privilegiato per una rigenerazione progressiva, reversibile e manutenibile. Tale interpretazione consente di spostare l'obiettivo dagli interventi eccezionali e totalizzanti a una logica di cura strutturata del Patrimonio, più coerente con la natura del costruito esistente e con le condizioni reali dell'ERP (Severino, 2021). Sul piano applicativo (Fig. 16) la metodologia proposta mostra come questo stock immobiliare si presti, in linea di principio, a trasformazioni anche molto differenti per intensità, scala e finalità (Magnago Lampugnani, 2016).

Proprio tale apertura non legittima però soluzioni indifferenziate, al contrario richiede valutazioni caso per caso, capaci di misurare il rapporto tra caratteri costruttivi, condizioni d'uso, margini effettivi di trasformazione e sostenibilità gestionale dell'intervento. Di conseguenza la trasferibilità del metodo non coincide con la replicazione delle soluzioni ma con la possibilità di riprodurre un processo argomentato di lettura, confronto e scelta (Sennett, 2018).

La ricerca riconosce anche i propri limiti: il primo riguarda la dipendenza dalla qualità e dalla continuità della base informativa; il secondo riguarda il carattere ancora programmatico della validazione ex post, che richiede ulteriori cicli di implementazione e di monitoraggio; il terzo riguarda la necessità di verificare il protocollo in contesti gestionali diversi da quello romano. A tali limiti si aggiunge la necessità di rafforzare la base quantitativa della comparazione tra scenari, attraverso dati su consumi, costi, tempi di cantiere e livelli di comfort. Proprio da questi limiti discendono gli sviluppi futuri più rilevanti: integrazione sistematica delle valutazioni post-occupazione, aggiornamento dinamico dell'Atlante attraverso registri manutentivi e dati d'uso, estensione del metodo a patrimoni comparabili in altri contesti climatici e amministrativi e maggiore interoperabilità con i sistemi informativi della Pubblica Amministrazione, affinché l'Atlante possa operare come supporto dinamico alla programmazione e alla gestione del patrimonio.

In definitiva il paper intende contribuire al dibattito internazionale sulla rigenerazione dell'edilizia residenziale pubblica del secondo Novecento mostrando che una transizione ecologica equa non può essere affidata solo a nuove tecnologie o a nuovi finanziamenti ma richiede anzitutto strumenti capaci di rendere espliciti, negoziabili e verificabili i criteri con cui si decide come trasformare l'esistente. Anche il ruolo degli abitanti non può restare sullo sfondo ma deve progressivamente entrare nella definizione delle priorità e nella valutazione della tollerabilità della disruption. È proprio in questa capacità di esplicitare priorità, vincoli e compromessi che

la metodologia proposta individua il proprio contributo specifico al dibattito scientifico e operativo sulla rigenerazione dell'abitare pubblico (Fig. 17).

The impact of climate change, the rising cost of energy, and the increasing social fragility of suburbs are imposing a profound revision of the models for intervening on the built heritage of the second half of the 20th century (Bologna, 2021). In this framework, the regeneration of Italian Public Residential Housing (lit. Edilizia Residenziale Pubblica – ERP) cannot be reduced to a straightforward question of energy efficiency, nor addressed through standardised retrofit packages (Ginelli and Castiglioni, 2012). The complexes built in Rome during the period between the 1970s and the 1980s (Maldonado, 1978), strongly characterised by an industrial approach to construction and the use of prefabricated systems (Figg. 1, 2), bring together technical criticalities, management issues, typological rigidity and social vulnerabilities that require more articulated knowledge devices (Di Giorgio, 2011). In line with Sustainable Development Goals (SDGs) no. 9 and no. 10, the contribution assumes these neighbourhoods as social infrastructures: when they degrade or are no longer adequate for contemporary uses, inequalities are amplified through differential exposures to thermal discomfort, energy poverty, accessibility barriers and loss of quality of use of intermediate and collective spaces (Cangelli, 2025).

The contribution is based on doctoral research dedicated to the sustainable renewal of Roman

public housing and adopts the industrialised heritage of the City of Rome's first Economic and Popular Housing Plan as its laboratory. The starting point is a recurring misalignment: interventions on prefabricated ERP heritage are often defined through sectorial technical measures that neglect the original construction logics, the stratified transformations produced by decades of maintenance and adaptation in use, and the socio-technical constraints typical of public management. As a result, design choices are often opaque, difficult to compare and only weakly transferable (Paris and Bianchi, 2018).

Hence, the working hypothesis: effective and equitable renewal cannot be understood as a mere sum of technologies, but requires a knowledge infrastructure capable of making systems, vulnerabilities, transformation margins, priorities and trade-offs explicit (Picon, 2010). The contribution pursues three objectives: to define a knowledge

and decision-making protocol for the incremental regeneration of industrialised public housing; to show its translation into a Digital Atlas, decision-making matrix, and operational abacus; to test its relevance on a set of cases of the first Economic and Popular Housing Plan of Rome, taken as a test field for a transferable methodology. In this sense, the 'soft parts'¹ of the building, i.e. non-structural, upgradable and shorter-life components that allow for the production of significant benefits with site impacts compatible with limited budgets and continuous occupation (Habraken, 1999), constitute a privileged field of intervention.

The contribution is divided into six steps: state of the art; methodology and operational phases; Roman case study; results; governance, barriers and transferability; reflection on synergies and trade-offs with respect to SDGs 9 and 10 of Agenda 2030. The contribution's interest lies in the possibility of setting out a protocol that can be replicated



Fig. 6 | Excerpt from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): plan type and functional schemes (credit: C. Vannini, 2025).



Fig. 7 | Torvecchia (Rome): the tower used for experimentation, seen from the elevated walkway system that connected the residential body to the slab intended for commercial activities (credit: C. Vannini, 2025).

beyond the Roman case and is useful for comparable ERP assets.

State of the art and reference cases | The regeneration of the housing heritage of the second half of the twentieth century is currently shaped by a twofold tension (Migotto and Tattara, 2023): on the one hand, environmental urgency requires a reduction in energy consumption, emissions, and resource use; on the other, ecological transition must not produce new forms of exclusion through expensive, invasive interventions or interventions incompatible with residents remaining in place (Battaino, Fossati and Marconi, 2025).

In many European contexts, the public and collective residential housing stock of the second half of the 20th century, especially those built with industrialised techniques and prefabricated components, presents well-known technological recurrences and vulnerabilities: prefabricated panels, critical nodes and joints, thermal bridges, obsolete windows and doors, ventilation deficiencies and poor maintenance accessibility (Block and Ruggiero, 2023). However, the use of 'catalogue' retrofit solutions reveals their limitations when they fail to consider the situated nature of the problems, the buildings' maintenance history, and the constraints of public management (Boughton, 2023).

Within the European debate, intervention strategies tend to oscillate between conservative and transformative approaches (Jessen and Schneider, 2006): the former aim at preserving the architectural identity of the building, improving its performance and comfort, while the latter rewrite the envelopes, thresholds, intermediate spaces and relations with the ground in a more pronounced way. In both cases, the most relevant projects show that ERP redevelopment is not reducible to an energy issue but involves the relationship between interior and exterior, between individual and collective space, and between building and neighbourhood (Plevoets and Van Cleempoel, 2019). The theme of living is thus intertwined with those of permanence, affordability, site management and everyday use (Graf and Marino, 2016).

In this perspective, some recent European cases selected on the basis of four criteria are partic-

ularly interesting: belonging to contexts comparable to the Italian one; reference to buildings of the second half of the 20th century; presence of industrialised or prefabricated technologies; relevance with respect to the relationship between conservation, transformation and habitability (Ciorra and Marini, 2011). Comparability is not based on the mere formal similarity between buildings, but on the recurrence of certain conditions: construction seriality, performance vulnerability, the presence of repetitive components, the need to contain costs, levels of site interference, and the permanence of inhabitants during at least part of the transformation process. The selection is not intended to build an exhaustive repertoire, but to identify experiences capable of showing how the transformation of modern residential heritage is measured against the problems of continuity of use, the quality of intermediate space, and the relationship between performance improvement and the redefinition of living (Guidetti, 2025).

De Flat Kleiburg in Amsterdam (Netherlands), designed by NL Architects, is an example of a conservative intervention that avoids demolition by enhancing the existing structure and introducing a model of transformation with a low economic threshold. Park Hill in Sheffield (United Kingdom), on the other hand, shows the ambivalence of redevelopment processes capable of restoring architectural quality to a large modernist complex, yet also of producing selective effects at the social level. The Madonna Bianca Towers in Trento (Italy) represent a relevant case of performance and maintenance upgrading of an Italian prefabricated heritage. Finally, the cases of Gécicart in Lormont (France) and Ellebo Garden Room in Ballerup (Denmark) highlight how transformative interventions can act on loggias, façades, intermediate spaces, and the ground to improve comfort and the relational quality of everyday living (Druot, Lacaton and Vassal, 2007).

Three aspects emerge from the comparison with these experiences: the first is that the quality of the intervention does not depend only on the technical depth of the retrofit, but also on the ability to construct scenarios consistent with the building's constructive character and with the actual

conditions of use; the second is that the social effectiveness of regeneration is not automatic, since even a good project can produce exclusivity as an outcome if it does not correctly govern affordability, time, inconvenience, and permanence of the inhabitants (Secchi, 2013). The third is that there is a lack, in many cases, of a robust knowledge infrastructure at the scale of the building component, capable of translating analyses, criticalities and objectives into traceable and comparable decisions; this gap informs a number of variables used in the construction of the decision matrix, including site invasiveness, compatibility with continuity of use, impact on environmental performance, effects on spatial and relational quality, maintainability, economic sustainability, managerial robustness and replicability of solutions (Paganin et alii, 2024). It is in this passage that this contribution presents its methodological proposal, whose originality lies in the intertwining of the object, method, tool, and operational outcome.

Methodology and operational steps | The research poses a twofold question: what characteristics of the industrialised ERP heritage condition its transformability, and what strategies can improve its performance and habitability while remaining compatible with the urban, social, and management context? To answer this, the research defines a three-stage methodology that is repeatable across comparable contexts. The approach adopts a research-by-design² approach, in which the construction of knowledge, the critical interpretation of the built environment, and the definition of design scenarios proceed in an integrated manner, without rigidly separating analysis and design (Ortega, 2017).

The first phase consists of building the knowledge base. It includes the digitisation and critical re-reading of design archives, technical reports, executive drawings, photographic documentation, and materials produced by the managing bodies; the reconstruction of the original construction logics; the mapping of alterations that have occurred over time; the recognition of maintenance cycles, recurring failures and usage practices (Graf, 2014). At this stage, it is not just a matter of 'collecting da-

ta', but of constructing a stable nomenclature of systems, subsystems, components, and nodes, capable of forming the common basis for subsequent phases. The objective is therefore not the simple documentary restitution of the existing heritage, but the construction of an interrogable information structure, useful for relating the constructional characteristics, recurring vulnerabilities, and margins of transformation. In the Roman case, this base was constructed from an integrated set of documentary sources, direct surveys, photographic documentation, and materials relating to recent or planned interventions.

The second phase translates the collected evidence into digital reconstructions and parametric component libraries. The geometric and material survey, integrated with targeted diagnostic checks, enables verification of consistency, discontinuities, maintenance accessibility, and the main performance-related criticalities. Particular attention is paid to the elements most exposed to obsolescence, including vertical closures, windows and doors, loggias, screens, threshold spaces, accessible plant parts, distribution systems, and common spaces. At the same time, targeted checks are carried out on thermo-hygrometric comfort, ventilation, natural lighting, accessibility and quality of use, so that the digital model does not remain a mere representative support.

At this stage, the digital model does not correspond to a single survey or representation operation, but rather serves as an interpretative and comparative device through which the collected data are selected, organised, and related to possible intervention families (Picon, 2022). It is in this passage that the research-by-design approach becomes operational: the project does not appear only as a final outcome, but also as an intermediate verification tool, useful for testing the relevance of the information collected and for orienting its reading from a transformative perspective (Osello et alii, 2024).

The third phase concerns the assembly and comparison of incremental scenarios. Starting from the building component-based framework defined in the first two phases, intervention packages are developed and tested on a set of selected cases. These scenarios are compared using a decision matrix (Tab. 1) that relates benefits and constraints: energy and comfort improvements, reduction of barriers to use, technical feasibility, compatibility with continued use, maintainability, site impacts, and procurement requirements. The outcome is not a single, definitive project, but a system of argued and comparable options. The comparison between scenarios, therefore, does not aim to identify an optimal solution in the abstract but rather to make explicit the criteria by which the different options are evaluated, highlighting their convergences, tensions, and trade-offs.

The method's replicability lies in the clarity of its operational units and the criteria used to compare the scenarios: database, taxonomy, digital reconstruction, criticality check, matrix comparison, and abacus translation. Inputs include design and maintenance archive sources, geometric and material surveys, photographic documentation, in situ findings on recurring nodes and components, and data on conditions of use, accessibility, comfort, and management. This information is traced back to a classificatory structure divided into systems,

subsystems, components, and nodes, which serves as a common basis for the comparative reading of the cases and for populating the Digital Atlas.

The reliability of the evidence is instead guaranteed by triangulation across archive sources, in situ surveys, and consistency checks of recurring components and nodes. As for validation, the method

ology distinguishes between ex ante validation – based on performance checks, consistency between sources, classification, and scenario construction – and ex post validation, which is still to be systematically implemented and based on monitoring of actual consumption, post-occupancy evaluations, maintenance logs, usage reports, and

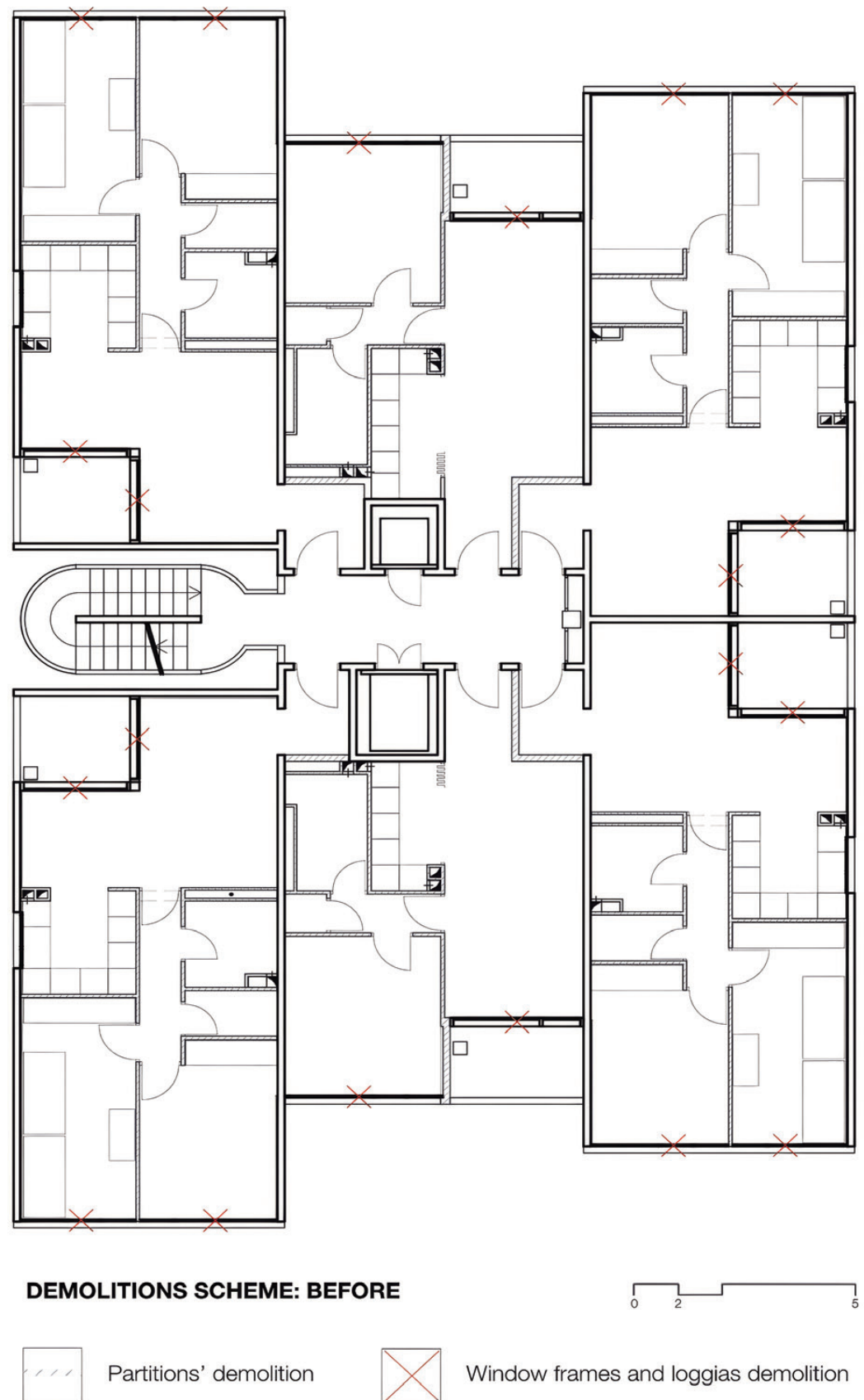


Fig. 8 | Torrevicchia (Rome): existing condition; typical floor plan of the building selected for the experimental application, with structural interventions highlighted (credit: C. Vannini, 2025).



Fig. 9 | Extract from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): elevations of the residential complex and articulation of the façade system (credit: C. Vannini, 2025).

comfort questionnaires. Thus, the methodology defines a potentially repeatable process in which data production, scenario formulation, and result verification can be progressively updated.

The case study: the first PEEP in Rome as a laboratory |

The first Economic and Popular Housing Plan in Rome³ constitutes a particularly significant laboratory to test the described protocol. Its relevance depends not only on the scale, but also on the combination of four conditions: 1) diffusion of industrialised and prefabricated systems; 2) recurrence of maintenance and performance problems; 3) presence of typological variations sufficient to test the internal transferability of the method; 4) persistence of typical constraints of ERP management, such as continuous occupancy, limited resources, and fragmentation of maintenance cycles. The first Roman PEEP enables the observation, within the same institutional and administrative context, of a plurality of building and settlement configurations (Fig. 3) thereby allowing comparison across cases without compromising the coherence of the field of analysis (Dell’Acqua and Sansò, 2022). The focus is particularly on the heritage built in the 1970s, a period in which serial construction and prefabrication became essential tools for rapidly producing large quantities of housing. If these choices allowed an unprecedented acceleration in construction times, they also generated distributional rigidity, critical façade nodes, poor adaptability over time, and performance vulnerabilities evident today (Fig. 4, 5).

The co-presence of repetitive logic and local variants makes the Roman case particularly suitable for verifying an approach based on the decomposition into systems, subsystems, components, and nodes, avoiding both abstract generalisations and exclusively monographic readings (Fig. 6).

The selection of case studies follows stated criteria: availability of sources and surveys; typological significance; presence of prefabricated or industrialised systems; interest with respect to ongoing or planned transformations. These criteria are flanked by the desire to include cases capable of restoring different conditions of preservation, accessibility of information, and levels of transformation that have already occurred, so as to test the methodology’s resistance in situations that are not perfectly homogeneous. In this perspective, the corpus analysed includes neighbourhoods such as Tor Bella Monaca, Vigne Nuove, Tiburtino Sud and Pineto, flanked by an experiment on a tower building in the Torvecchia neighbourhood (Fig. 7), used as an application case to test incremental packages in the presence of constructive recurrences and use-related criticalities. These neighbourhoods are not considered isolated episodes, but rather complementary fields of observation, useful for verifying how the methodology responds to changes in typological configurations, constructional features, and maintenance conditions.

The case of Tor Bella Monaca is of particular interest because it allows us to observe how choices change across transitions between different project levels and between different funding program-

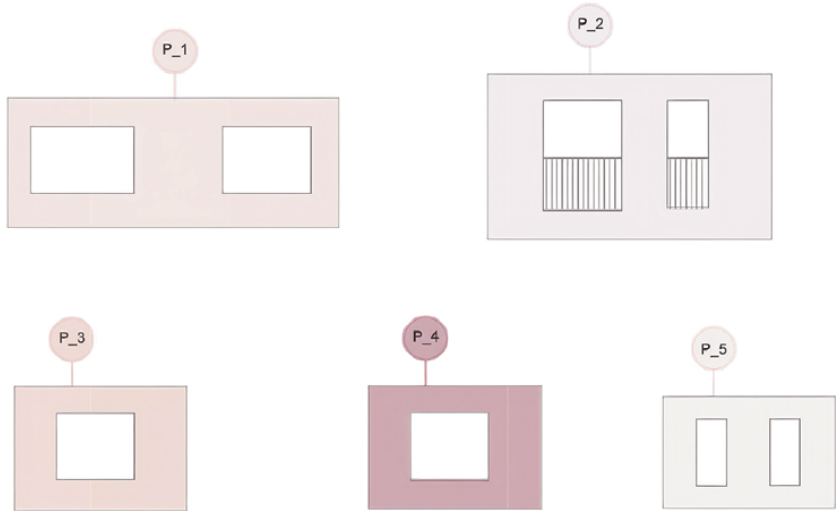
mes, making the compromises that emerge when site, procurement, and management constraints come into play more legible (Cellamare, 2016). The case of Torvecchia is used instead in a more explicitly experimental manner (Fig. 8), as a test bed to verify the construction of incremental scenarios on a building body characterised by a high recurrence of nodes and a legible relationship between components, performance criticalities, and possible families of intervention.

The use of the first PEEP as a laboratory does not imply that the Roman context is taken as an absolute paradigm; on the contrary, the case is treated here as a field of verification of a method based on the distinction between generalisable and contextual aspects. Generalisable aspects include, for example, the logic of decomposition into systems, subsystems, components, and nodes, the focus on soft parts, the construction of comparable scenarios and the explication of decision-making criteria. On the other hand, the availability of data, the governance set-up, the maintenance framework of the managing bodies, the form of climate vulnerabilities, and the local cost system remain highly contextual. In these terms, Rome is treated as the verification environment.

Results: Digital Atlas, decision matrix and operational abacus |

The main outcome of the research is a Digital Atlas conceived not as a descriptive repertoire, but as a knowledge and decision infrastructure (Figs. 9-11). This device is configured as a taxonomy of case studies and their

FAÇADE PANEL CATALOGUE



FAÇADE PANEL CATALOGUE			
CODE	QUANTITY	DIMENSIONS (BxH) [m]	FLOOR
P_1	60	5,25 x 3,00	from F2 to F7
P_2	66	5,25 x 3,00	from F2 to F7
P_3	6	2,20 x 3,00	F2 & F3
P_4	16	2,20 x 3,00	from F4 to F7
P_5	6	2,50 x 3,00	from F2 to F7

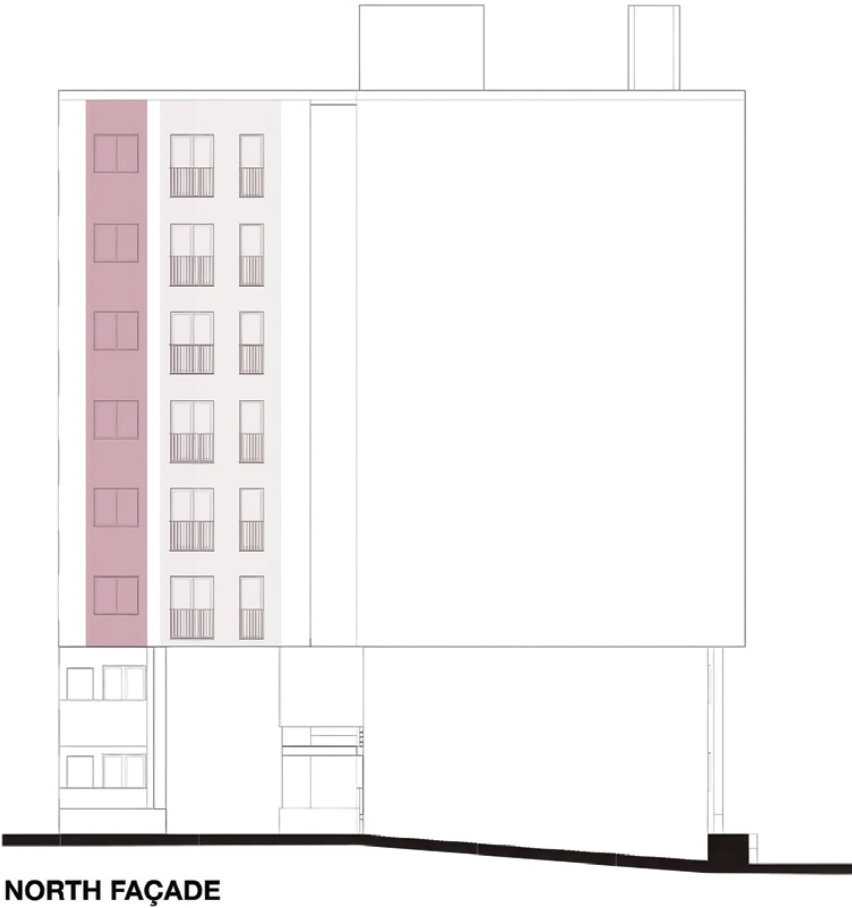


Fig. 10 | Extract from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): abacus of the prefabricated façade panels (credit: C. Vannini, 2025).

recurring components, articulated in successive information levels and aimed at making criticalities, transformation margins and intervention scenarios comparable. A first level gives the context: neighbourhood, typology, chronology, conditions of use, constraints and opportunities. A second level covers the main systems of the envelope, distribution, common spaces, facilities and urban-building interfaces. A third and fourth level focus on subsystems, components, and nodes, codifying stratigraphies, recurring criticalities, accessibility, requirements and margins for transformation. A final level relates these elements to intervention options, prerequisites, dependencies, sequences

and degrees of 'disruption'⁴. This makes it possible to consult not only individual buildings, but also families of components, pathologies, project objectives and usage scenarios. Its operational character lies in the possibility of moving, within the same information structure, from the description of the built environment to the selection of intervention hypotheses (Block, Perriccioli and Rossi-Schwarzenbeck, 2019).

A second result concerns the focus on soft parts as a privileged field of incremental regeneration (Fig. 12). In this contribution, they include windows, and screens, light envelope layers, bioclimatic loggias and winter gardens, threshold com-

ponents, intermediate spaces, distribution elements, and accessible service components. Working on the soft parts makes it possible to improve performance and quality of use without compromising the load-bearing structure, aligning interventions with ordinary maintenance cycles, reducing the level of invasiveness of the construction site and making progressive and reversible actions possible, with tangible benefits in terms of comfort, accessibility and liveability of shared spaces. The most relevant result is to have verified their role as the main transformation margin, compatible with the typical operating conditions of ERP: continuous occupation, limited resources, progressive



Fig. 11 | Excerpt from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): abacus of window frames and main recurring variants (credit: C. Vannini, 2025).

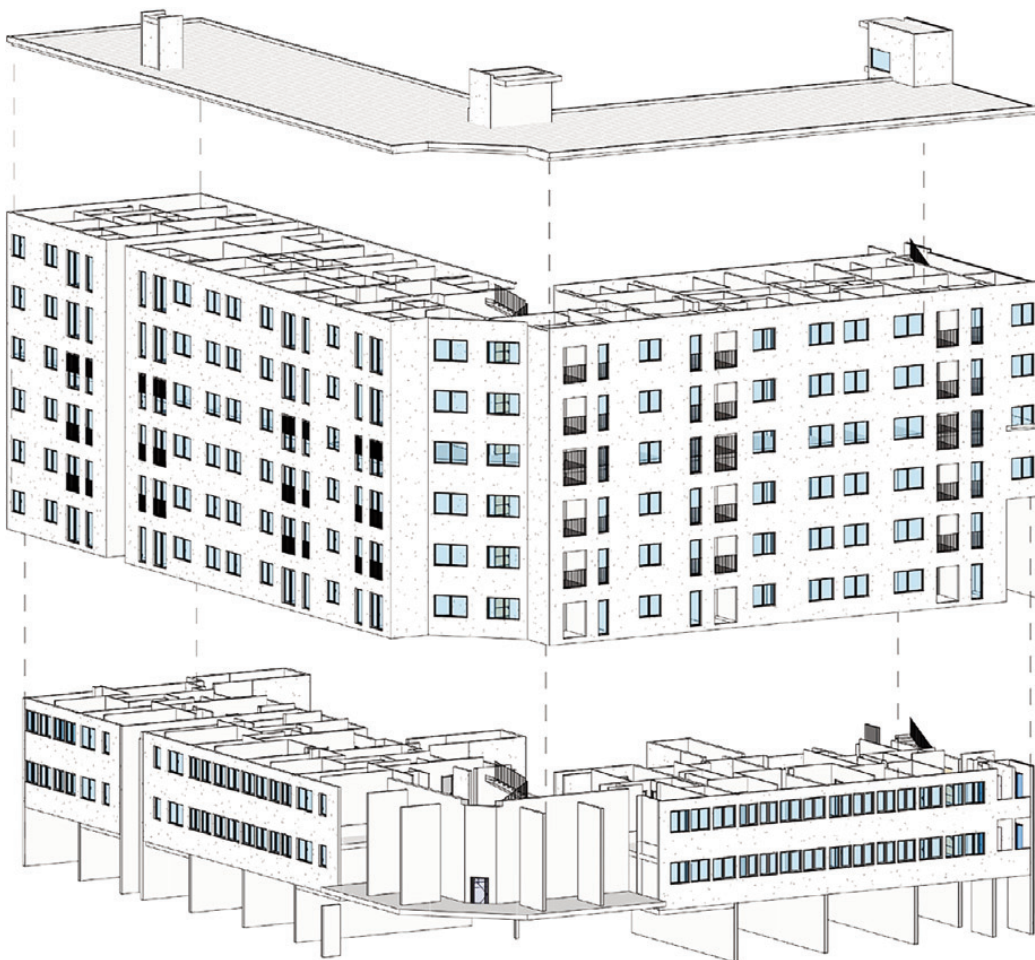


Fig. 12 | Extract from the Digital Atlas, Tor Bella Monaca (Rome): axonometry of the building system and the main technological components (credit: C. Vannini, 2025).

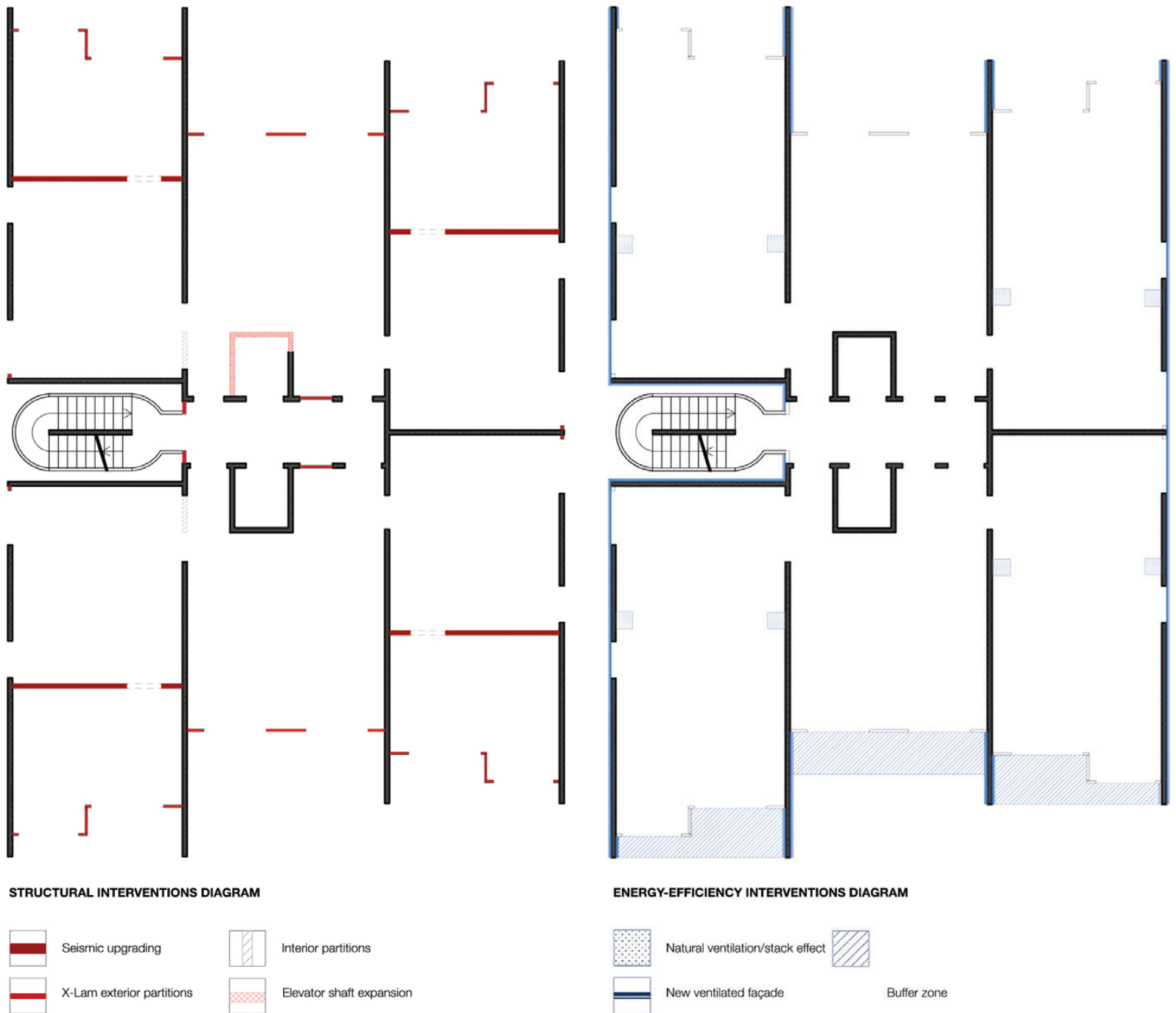


Fig. 13, 14 | Torrevecchia (Rome): schematic diagram of the seismic improvement works, extension of the lift shaft and new dry walling; scheme of free cooling interventions, ventilated façade and solar shading devices (credit: C. Vannini, 2025).

maintenance, and containment of ‘disruption’.

The third result is the definition of a decision matrix that prevents the Atlas from remaining a simple descriptive tool. Each scenario is compared against explicit criteria: technical benefits, quality of use, accessibility and safety, feasibility, site impacts, maintainability, and compatibility with continued use. The value of the matrix lies not in automating decisions but in making trade-offs transparent. For example, it becomes clear how maximising the energy benefit may come into tension with minimising site disruption, or how transforming the building’s image may improve certain aspects of use but generate problems of cost, maintenance, or management acceptability. The matrix does not replace political or technical choice; rather, it makes that choice debatable, arguable, and comparable.

A fourth result is the operational abacus, which translates Atlas and matrix into intervention packages organised in phases (Fig. 13, 14; Tab. 2). One can thus distinguish minimal packages, oriented towards comfort and energy poverty reduction with low ‘disruption’, based e.g. on window frames, shading and micro-interventions on thresholds; intermediate packages, integrating bioclimatic devices and interventions on common spaces; more advanced packages, redefining interfaces, intermediate spaces and relations with the ground in a more profound way. The abacus is also useful for procurement, as it clarifies prerequisites, sequences, minimum performance requirements, replicable elements and case-specific elements. It represents the most operational and applicable translation of the entire research pathway (Fig. 15) with respect to design criteria, intervention inten-

sity, and feasibility conditions, providing a useful basis for the design, planning, and management of interventions.

Overall, the results show that the regeneration of this housing stock, largely built according to prefabricated and industrialised logics, does not necessarily require comprehensive interventions to be effective (Lepratto, 2024). The ability to construct a cognitive framework linking recurring vulnerabilities and margins of transformation to technical options compatible with resources, timing, and actual management conditions appears decisive. The effectiveness of the intervention depends less on its abstract radicality than on the ability to calibrate progressive, comparable, and argued scenarios in which expected benefits, operational limits, and trade-offs are made explicit (Reichlin and Pedretti, 2011).

Intervention intensity	Main components involved	Main objectives	Prerequisites	Implementation sequence	Compatibility with continued occupancy	Replicability level	Main critical issues	Main trade-offs
Minimum package	Windows and external doors, solar-shading devices, threshold elements, minor accessible building-services components	Reduce overheating, thermal discomfort and energy poverty; improve basic comfort and usability with limited construction disruption	Basic survey available; recurring junctions identified; limited budget; no temporary decanting required	Survey → component mapping → replacement / adjustment of selected soft parts → basic performance checks	High	High	Fragmented maintenance records; limited impact on shared spaces; risk of only partial effectiveness	Lower disruption and cost, but more limited spatial and environmental effects
Intermediate package	Windows and external doors, solar shading, loggias / bioclimatic buffer spaces, selected shared spaces, accessible circulation elements	Improve comfort, environmental performance and everyday use; strengthen intermediate spaces and collective usability	Integrated survey and digital model; coordination with residents; phased site planning	Survey → Digital Atlas population → scenario comparison → phased intervention on the envelope and shared areas → post-intervention verification	Medium-High	Medium-High	Higher coordination needs; greater construction interference; dependence on phased management	Better performance and quality of use, but higher cost, longer programme and greater management complexity
Advanced package	Dry envelope systems, façade interfaces, intermediate spaces, circulation systems, shared spaces and selected accessible technical upgrades	Reconfigure building-dwelling interfaces; improve environmental quality, accessibility and spatial relationships at a broader scale	Robust knowledge base; secured funding; strong technical and administrative coordination; staged implementation strategy	Integrated knowledge framework → matrix-based scenario selection → multi-stage implementation → monitoring and adjustment	Medium-low	Medium	Demanding procurement and governance requirements; possible incompatibility with continued occupancy; increased construction disruption	Greater transformative impact, but higher disruption, cost, longer programme and dependency on management capacity

Tab. 2 | Operational package table for incremental intervention intensity levels on soft parts. Interpretive note: packages are not fixed solutions but operational clusters of actions to be calibrated according to building type, use conditions, available data, budget and acceptable level of disruption (credit: the Authors, 2026).

Governance, barriers and transferability | One of the most delicate points in the contemporary debate on ERP regeneration concerns the relationship between the technical quality of the intervention and that of the decision-making process that generates it. In the case under consideration, the Atlas and the matrix do not make sense unless they serve as devices that connect technical knowledge, public management, and user needs. For this reason, the protocol attributes a decisive role to the subjects involved (researchers, planners, managing bodies, technical structures, administrations, and inhabitants), whose involvement is not conceived as generic participation, but rather as the progressive co-definition of the criteria and weights with which the scenarios are evaluated. In particular, the possibility of integrating variables related to discomfort, accessibility, use of intermediate spaces, or site tolerability into the process gives concrete content to the notion of equity.

The application of the protocol, however, also reveals certain research limitations. These relate mainly to the sample, the uneven availability of data, the survey's scale, the validation's still predominantly ex ante nature, and a number of barriers that hinder the dissemination of incremental knowledge-based approaches.

First of all, there are cultural barriers, linked to the persistence of a vision of retrofit as a standardised technical-normative response; then there are economic and administrative barriers, which tend to privilege measures that can be easily accounted for or aligned with sectoral financing instruments, penalising more integrated interventions that are also more difficult to classify within conventional categories.

To these are added technical barriers due to the fragmentation of information, the absence of

systematic surveys, the discontinuity of maintenance records, and the difficulty of linking historical archives, the existing condition, and contemporary design. Finally, there are regulatory and procedural barriers that often do not reward the construction of progressive and maintainable packages, nor the possibility of updating the knowledge base over time, compounded by social and managerial difficulties in involving inhabitants in setting priorities and acceptable levels of 'disruption' (Nelson and Schneider, 2019).

Regarding transferability, the contribution argues that the protocol can be extended to other comparable European contexts under three conditions: the first is that one works on assets with constructive recurrences that are sufficiently legible to be recoded by systems, subsystems, components, and nodes; the second is that one clearly states the variables to be recalibrated locally (climate, management structure, data availability, housing policies, and forms of social vulnerability); the third is that the use of the digital is not assumed as an end in itself, but as support for the construction of reasoned choices. Therefore, the logic of decomposition, the construction of the Atlas, the use of an explicit decision matrix, and the translation of outcomes into operational abacuses are more directly transferable, whereas the weights attributed to variables, technical prerequisites, and intervention priorities require local adaptation. Rome is thus not presented as an exceptional case but as a useful laboratory for making explicit a methodological framework applicable elsewhere.

Benefits and trade-offs | The contribution lies directly at the intersection between SDGs 9 and 10: with respect to the former, it proposes to read digital not simply as a modelling tool, but as a cog-

nitive infrastructure supporting more transparent, traceable and replicable decisions in the field of regeneration of the built heritage; with respect to the latter, it argues that the reduction of inequalities in housing does not depend only on the quantity of available housing, but also on the ability to equitably improve conditions of comfort, accessibility, safety, and quality of shared spaces without expelling inhabitants or imposing unsustainable levels of 'disruption' (Bason et alii, 2020).

These two main goals are associated with synergies with other SDGs: with SDG 11 for the contribution to the resilience and inclusiveness of existing settlements; with SDG 7, insofar as interventions on soft parts can contribute to the improvement of energy performance and the reduction of energy poverty within conditions compatible with limited resources and continuous occupancy; with SDG 13 for the extension of building lifetimes and the reduction of consumption (Petzet and Heilmeyer, 2012); with SDG 3 for the effects of improved ventilation, summer comfort and the quality of shared spaces on daily well-being.

However, the protocol also makes the trade-offs visible. A first compromise concerns the tension between maximising performance and minimising 'disruption': highly intensive interventions may be technically effective, but are rarely compatible with continuous occupancy, short construction times, and limited resources. A second compromise emerges between image transformation and managerial sustainability: more formally or spatially incisive solutions may improve perceived quality and habitability, but are not always the most robust or maintainable in the long term.

A third compromise concerns the relationship between local adaptation and replicability: the more precisely the intervention is fine-tuned to the spe-

cific case, the more difficult it becomes to transfer the adopted solutions as a whole. Finally, a fourth trade-off concerns the relationship between technical innovation and administrative capacity, since even progressive and targeted approaches require institutional direction to coordinate data, priorities, timeframes, funding, and implementation tools. The strength of the proposed approach lies precisely in not concealing these tensions and in transforming them into explicit elements of the decision-making process.

Conclusions | The contribution proposes a paradigm shift: from the application of standard measures to the construction of a device capable of guiding incremental, transparent decisions open to scrutiny. The Atlas, matrix, and abacus link recurrent pathologies and margins for transformation to technological options compatible with public management, limited budgets, and continuity of use. In this framework, the digital is not the endpoint of innovation, but the means of making traceable the steps through which priorities, sequences, and trade-offs are constructed.

On a scientific level, the main advance concerns the interpretation of ‘soft parts’ as a privileged field for progressive, reversible and maintainable regeneration. This interpretation makes it possible to shift the objective from exceptional, totalising interventions to a logic of structured care for the stock, more consistent with the nature of the existing building

environment and the real conditions of the ERP (Severino, 2021). At the application level (Fig. 16), the proposed methodology shows how this housing stock lends itself, in principle, to transformations that differ in intensity, scale, and purpose (Magnarò Lampugnani, 2016).

It is precisely this openness, however, that does not legitimise undifferentiated solutions; on the contrary, it requires case-by-case evaluations, capable of measuring the relationship between building characteristics, conditions of use, effective margins of transformation, and the management sustainability of the intervention. Consequently, the transferability of the method does not coincide with the replication of solutions, but with the possibility of reproducing an argued process of reading, comparison, and choice (Sennett, 2018).

The research also acknowledges its limitations: the first concerns the dependence on the quality and continuity of the information base; the second concerns the still programmatic nature of the ex-post validation, which requires further implementation and monitoring cycles; the third concerns the need to test the protocol in management contexts other than the Roman one. These limitations are compounded by the need to strengthen the quantitative basis for comparing scenarios through data on consumption, costs, construction times, and comfort levels. It is precisely from these limitations that the most relevant future developments derive: systematic integration of post-oc-

cupancy evaluations, dynamic updating of the Atlas through maintenance records, and usage data, extension of the method to comparable assets in other climatic and administrative contexts, and greater interoperability with the information systems of the Public Administration, so that the Atlas may operate as a dynamic support for planning and management of the heritage.

Ultimately, the paper intends to contribute to the international debate on the regeneration of public housing in the second half of the twentieth century by showing that a fair ecological transition cannot be entrusted only to new technologies, or new financing, but first and foremost requires tools capable of making explicit, negotiable, and verifiable the criteria with which decisions are made on how to transform the existing building stock. The role of the inhabitants cannot remain in the background either, but must progressively enter into the definition of priorities and the assessment of the tolerability of disruption. It is precisely in this ability to make priorities, constraints, and compromises explicit that the proposed methodology identifies its specific contribution to the scientific and operational debate on the regeneration of public housing (Fig. 17).

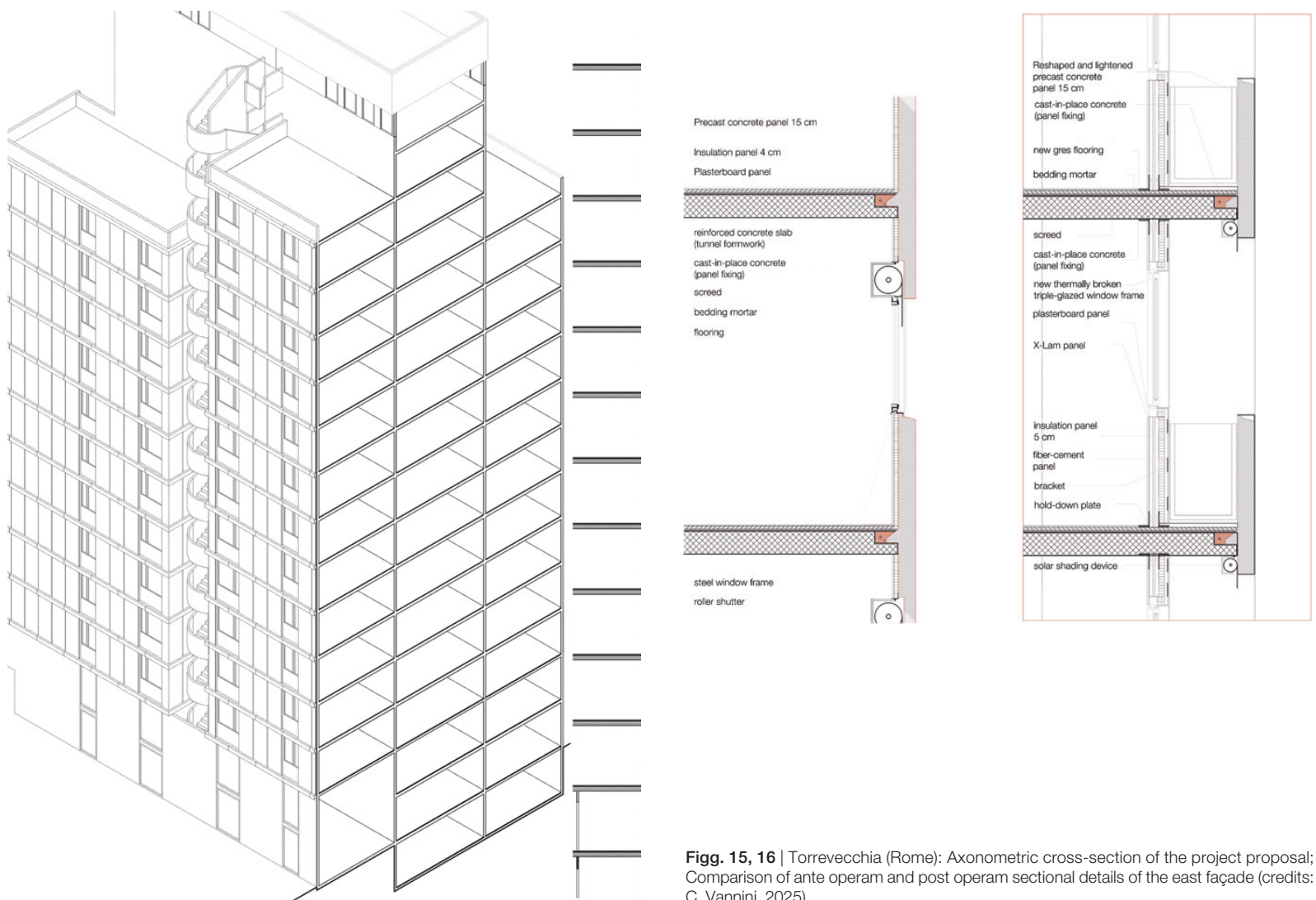


Fig. 15, 16 | Torrevicchia (Rome): Axonometric cross-section of the project proposal; Comparison of ante operam and post operam sectional details of the east façade (credits: C. Vannini, 2025).



Fig. 17 | Tor Bella Monaca (Rome): photos from the PUI construction site, 24 May 2025 (credit: C. Vannini, 2025).

Acknowledgements

The present article derives from the doctoral research of C. Vannini, carried out under the supervision of Professor S. Paris (Rapporteur), and Professor A. Bologna (Co-Rapporteur), entitled ‘Digital models for the technological design for the sustainable renewal of public housing – The case study of the I Plan for Economic and Popular Housing in Rome’, developed within the framework of the DRACo – PhD in Architecture and Construction, ‘Sapienza’ University of Rome (Italy). The PhD scholarship was co-funded by the National Operational Programme Research and Innovation 2014-2020, FSE REACT-EU resources, Actions IV ‘PhDs and research contracts on innovation topics’, and IV.5 ‘PhDs on Green topics’. The research was also developed in partnership with BEST Design S.r.l.

This contribution is the result of a common reflection of the authors. Nevertheless, the introductory paragraph and the ‘Conclusions’ are attributed to S. Paris and C. Vannini, while the remaining paragraphs are to be attributed to C. Vannini.

Notes

1) In this contribution, the expression ‘soft parts’ is used in operational terms to indicate a field of intervention rather than a closed and univocal category of building elements. It includes, depending on the case, non-structural components and devices on which it is possible to act more gradually than on load-bearing parts. The delimitation of this scope is therefore not absolute, but depends on the relationship between the building’s constructional features, the accessibility of the components, and the effective margins for transformation.

2) The use of the research-by-design formula is to be understood here in a methodological and not merely descriptive sense. The project is not intended as the final translation of already defined knowledge, but as an intermediate verification tool, capable of guiding the selection of data, testing the intervention hypotheses, and making legible the relations between the criticalities detected, the margins of transformation, and the possible scenarios. In this perspective, analysis and project do not constitute rigidly separate phases, but mutually implicated moments in the construction of knowledge.

3) The reference to the first Economic and Popular Housing Plan in Rome should be read in the context of the broader season of implementation of Italian Law no. 167 of 18 April 1962, which introduced specific instruments for the acquisition of areas destined for economic and popular housing and contributed decisively to the construction of the great public residential expansions of the second half of the 20th century. In the Roman case, this framework favoured the construction of a vast set of neighbourhoods marked by strong seriality of construction, the use of industrialised systems, rapid executive speed, and the significant public dimension in the production of living space. Precisely these characteristics, which originally constituted their operative strength, are also at the origin of some criticalities that have emerged over time: typological rigidity, maintenance difficulties, vulnerability of technological nodes, and misalignment between the original layouts and contemporary uses.

4) In the text, the term ‘disruption’ is used to indicate the degree of interference that an intervention produces on the building’s continuity of use and on the permanence of its inhabitants. The notion encompasses, in a broad sense, the duration and complexity of the construction site, the possible need for temporary relocation, the impact on daily practices, the level of residual accessibility during the works, and, more generally, the management sustainability of the intervention within the framework of public housing.

References

Bason, C., Conway, R., Hill, D. and Mazzucato, M. (2020), *A New Bauhaus for a Green Deal*. [Online] Avail-

able at: ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/publications/2021/jan/new-bauhaus-green-deal [Accessed 8 April 2026].

Battaino, C., Fossati, P. and Marconi, F. (2025), “Ripensare l’abitare – Progetto e architettura per un abitare flessibile e accessibile | Rethinking housing – Design and architecture for flexible and affordable living”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 17, pp. 156-167. [Online] Available at: doi.org/10.69143/2464-9309/17102025 [Accessed 8 April 2026].

Block, M. and Ruggiero, R. (2023), “Housing in Transit – Quale transizione per l’edilizia residenziale pubblica industrializzata? | Housing in Transit – Which transition for the industrialised public housing?”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 26, pp. 103-112. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techné-14504 [Accessed 8 April 2026].

Block, M., Perriccioli, M. and Rossi-Schwarzenbeck, M. (2019), “Processi Digitali per la Riqualificazione dell’Edilizia Sociale in Plattenbau | Digital Processes for the Redevelopment of Social Housing in Plattenbau”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 5, pp. 101-108. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/5112019 [Accessed 8 April 2026].

Bologna, A. (2021), “Verso una teoria della progettazione nell’era della crisi climatica”, in *Archi | Rivista svizzera di architettura, ingegneria ed urbanistica*, vol. 3, pp. 13-17. [Online] Available at: hdl.handle.net/11573/1552491 [Accessed 8 April 2026].

Boughton, J. (2023), *A History of Council Housing in 100 Estates*, RIBA Publishing, London.

Cangelli, E. (2025), “Rigenerazione urbana e SDG – Approcci progettuali per la riduzione delle disuguaglianze urbane | Urban regeneration and SDGs – Design approaches for reducing urban inequalities”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 17, pp. 28-41. [Online] Available at: doi.org/10.69143/2464-9309/17102025 [Accessed 8 April 2026].

Cellamare, C. (ed.) (2016), *Fuori raccordo – Abitare l’altra Roma*, Donzelli, Roma.

Ciorra, P. and Marini, S. (eds) (2011), *Re-cycle – Strategie per l’architettura, la città e il pianeta*, Electa, Milano.

Dell’Acqua, F. and Sansò, C. (eds) (2022), *Periferie e residenza pubblica in Italia – Gli anni 1945-2000 – Progetti, processi, idee di città*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.

Di Giorgio, G. (2011), *L’alloggio ai tempi dell’edilizia sociale – Dall’Ina-Casa ai PEEP*, EdilStampa, Roma.

Druot, F., Lacaton, A. and Vassal, J.-P. (2007), *Plus – La vivienda colectiva – Territorio de excepción*, Gustavo Gili, Barcelona.

Ginelli, E. and Castiglioni, L. (2012), “Perché valorizzare e riqualificare il patrimonio di edilizia residenziale pubblico | Why enhance and upgrade the public housing assets”, in *Techné | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 4, pp. 79-84. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techné-11497 [Accessed 8 April 2026].

Graf, F. (2014), *Historie matérielle du bâti et projet de sauvegarde – Devenir de l’architecture moderne et contemporaine*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

Graf, F. and Marino, G. (eds) (2016), *Les dispositifs du confort dans l’architecture du XXe siècle – Connaissance et stratégies de sauvegarde | Building environment and interior comfort in 20th-century architecture – Understanding issues and developing conservation strategies*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

Guidetti, E. (2025), *The Potential of Form – How to Transform Existing Buildings in Post-functional Europe*, Jovis, Berlin.

Habraken, N. J. (1999), *Supports – An Alternative to Mass Housing*, Routledge, London. [Online] Available at: doi.org/10.4324/9781003014713 [Accessed 8 April 2026].

Jessen, J. and Schneider, J. (2006), “La conversione – Un tema corrente”, in Schittich, C. (ed.), *Ristrutturazioni – Riuso, completamento, nuova progettazione*, Birkhäuser, München, pp. 10-21. [Online] Available at: [\[doi.org/10.1007/9783034615150_A20658119\]\(https://doi.org/10.1007/9783034615150_A20658119\).pdf \[Accessed 8 April 2026\].](https://api.pagepea.ce.de/preview/DT0400.9783034615150_A20658119/pre-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Lepratto, F. (2024), “Fine-Tuning the Intensity of Modifications to Revitalize Brutalist Mass Housing”, in *The Plan Journal*, vol. 9, issue 1, pp. 103-128. [Online] Available at: doi.org/10.15274/tpj.2024.09.01.7 [Accessed 8 April 2026].

Magnago Lampugnani, V. (2016), “Cinque proposte per costruire in tempi incerti | Five proposals for building in uncertain times”, in *Domus*, issue 1000, March, pp. 66-76. [Online] Available at: elarning.uniroma1.it/pluginfile.php/623965/mod_resource/content/1/Lampugnani_Domus_1000/65-75_LAMPUGNANI.pdf [Accessed 8 April 2026].

Maldonado, T. (1978), “Roma – Le periferie”, in *Casabella*, issue 438, pp. 40-41.

Migotto, A. and Tattara, M. (eds) (2023), *Contested Legacies – Critical Perspectives on Postwar Modern Housing*, Leuven University Press, Leuven. [Online] Available at: doi.org/10.11116/9789461665140 [Accessed 8 April 2026].

Nelson, A. and Schneider, F. (eds) (2019), *Housing for Degrowth – Principles, Models, Challenges and Opportunities*, Routledge, London.

Ortega, L. (2017), *The Total Designer – Authorship in the Architecture of the Post-digital Age*, Actar Publisher, Barcelona.

Osello, A., Zucco, M., Iacono, E. and Del Giudice, M. (2024), “Logiche nascoste della complessità – Interfacce grafiche e algoritmi per il sistema edificio | Hidden logic of complexity – Graphical interfaces and algorithms for the building system”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 202-211. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16172024 [Accessed 8 April 2026].

Paganin, G., Talamo, C., Atta, N. and Tinelli, E. (2024), “Riuso di componenti edilizi – Sistema di valutazione a supporto delle decisioni negli interventi di redistribuzione interna | Reuse of building components – Assessment system to support decisions in indoor re-layout interventions”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 266-275. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15212024 [Accessed 8 April 2026].

Paris, S. and Bianchi, R. (2018), *Ri-abitare il moderno – Il progetto per il rinnovo dell’housing*, Quodlibet, Macerata.

Petzet, M. and Heilmeyer, F. (eds) (2012), *Reduce Reuse Recycle – Architecture as Resource – German Pavilion – 13th International Architecture Exhibition – Architecture Biennale Venice 2012*, Hatje Cantz, Berlin.

Picon, A. (2010), *Digital Culture in Architecture – An Introduction for the Design Professions*, Birkhäuser, Basel.

Picon, A. (2022), “Digital technology and architecture – Towards a symmetrical approach”, in *Technology | Architecture + Design*, vol. 6, issue 1, pp. 10-14. [Online] Available at: doi.org/10.1080/24751448.2022.2040297 [Accessed 8 April 2026].

Plevoets, B. and Van Cleempoel, K. (2019), *Adaptive Reuse of the Built Heritage – Concepts and Cases of an Emerging Discipline*, Routledge, London.

Reichlin, B. and Pedretti, B. (eds) (2011), *Riuso del patrimonio architettonico*, Mendrisio Academy Press, Mendrisio.

Secchi, B. (2013), *La città dei ricchi e la città dei poveri*, Laterza, Bari.

Sennett, R. (2018), *Costruire e abitare – Etica per la città*, Feltrinelli, Milano.

Severino, E. (2021), *Tecnica e architettura*, Mimesis, Milano.