



Politecnico di Torino

Dipartimento di Architettura e Design
Corso di laurea magistrale in "Architettura per il progetto sostenibile"
Anno accademico 2021/2022

Tesi di Laurea magistrale

Strumenti parametrici per la progettazione in BIM: il caso studio dell'ex-consorzio agrario di Roma.

Relatori

Massimiliano Lo Turco
Francesca Thiebat
Gustavo Ambrosini
Andrea Tomalini

Candidati

Giorgio Mazzocchi (274483)
Daniele Spadazzi (276630)

Indice

Abstract	3
Introduzione	5

01 - Ricerca

01.1 - Aspetti introduttivi

01.1.1 - Da analogico a digitale	13
01.1.2 - Il Parametricismo	19
01.1.3 - La metodologia BIM	23
01.1.4 - Il quadro normativo	31
01.1.5 - La gestione dei dati	35

01.2 - Obiettivi e strumenti

01.2.1 - Finalità della ricerca	39
01.2.2 - La progettazione parametrizzata	45
01.2.3 - LCA e fattori ambientali	49
01.2.4 - Il visual programming language	51
01.2.5 - Gli algoritmi generativi	57
01.2.6 - Interoperabilità tra software	61

01.3 - Caso studio

01.3.1 - Il territorio	65
01.3.2 - Mappe tematiche	73
01.3.3 - Il contesto	81
01.3.4 - Cenni storici	91
01.3.5 - L'area di progetto	99

01.4 - Metodologia

01.4.1 - Raccolta dei dati	107
01.4.2 - Selezione della tecnologia	111
01.4.3 - Analisi ambientali	121
01.4.4 - Modellazione della copertura	127
01.4.5 - Modellazione delle schermature	131

02 - Progetto

02.1 - Fase meta-progettuale

02.1.1 - Analisi SWOT	139
02.1.2 - Ambiti di applicazione	141
02.1.3 - Indirizzi progettuali	145
02.1.4 - Workflow operativo	149
02.1.5 - Selezione dei risultati	155

02.2 - La città del cinema

02.2.1 - Concept progettuale	165
02.2.2 - Inquadramento generale	177
02.2.3 - L'area espositiva	181
02.2.4 - Co-housing	185
02.2.5 - Co-working	187
02.2.6 - Area di ristoro	189
02.2.7 - Rooftop	191
02.2.8 - Sezioni	193
02.2.9 - Viste e percezioni	195
02.2.10 - Aspetti tecnologici	197

Conclusioni	201
--------------------	-----

Allegati	205
-----------------	-----

Bibliografia	219
---------------------	-----

Ringraziamenti	227
-----------------------	-----

Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da un periodo di profonda **transizione** che è andata ad interessare una moltitudine di settori. La transizione tecnologica, ad esempio, sta facendo sì che la digitalizzazione prenda il sopravvento sui tradizionali metodi analogici; quella ecologica sta integrando alla base di molteplici sistemi le fondamenta di un pensiero attento alla salvaguardia ambientale ed ecosistemica; quella sociale sta riprogrammando le metodologie e le dinamiche attraverso le quali incontrarsi in totale sicurezza. Queste transizioni vengono attivamente riflesse all'interno dell'architettura, prendendo sempre più spazio all'interno della già articolata equazione che è la progettazione architettonica. Il controllo del crescente numero di aspetti di cui tenere conto all'interno di un progetto sta facendo sì che diventi sempre più necessario focalizzare la ricerca e l'innovazione sugli strumenti che vengono impiegati durante lo sviluppo di un'opera architettonica.

Oltre che a contribuire attivamente al raggiungimento degli obiettivi prefissati dalle direttive Europee sottoscritte dal nostro Paese, innovare gli strumenti con i quali viene elaborato l'iter progettuale può influire positivamente sui risultati e sulla capacità di gestione del progetto durante tutte le fasi del suo ciclo-vita. Con la presente tesi si mira ad approfondire le modalità e gli indirizzi attraverso i quali è possibile efficientare la progettazione architettonica tramite l'impiego di moderni strumenti di analisi e comparazione di dati. All'interno dei meccanismi decisionali inerenti allo sviluppo di progetto si fa affidamento ad alcuni strumenti innovativi come la **progettazione parametrica** e il Building Information Modeling (BIM), dimostrando come, se correttamente utilizzati, tali strumenti sono in grado di fornire dati e soluzioni concrete ed oggettive, migliorando le performance

dell'intero edificio e riducendo i margini di errore che possono intercorrere con i tradizionali metodi progettuali.

Scopo della tesi è quello di dimostrare gli indirizzi attraverso i quali è possibile mitigare la coesione tra tre temi ben definiti: la metodologia parametrica applicata, la composizione progettuale di un'opera e la sostenibilità ambientale in architettura. Il primo punto rappresenta la strumentazione impiegata a supporto delle fasi di analisi, gestione dei dati e modellazione delle componenti inerenti alla seconda tematica; la terza identifica il filo conduttore e la mentalità attraverso la quale verrà composto l'intero iter progettuale.

Per verificare le potenzialità di questi strumenti viene sviluppato un progetto di rigenerazione urbana per l'ex **Granaio dell'Urbe di Roma**, nel quartiere Portuense. L'area di progetto è inclusa nell'ampio elenco di opere italiane dalle elevate qualità del costruito che riversano ad oggi in uno stato di totale abbandono e inutilizzo. Obiettivo della progettazione è quello di conservare il patrimonio costruito esistente e integrare ad esso un involucro edilizio modellato tramite un approccio parametrizzato che garantisca caratteristiche fisiche e tecnologiche avanzate.

Le prime vere e proprie concezioni di un'architettura parametrizzata risalgono alla fine dell'Ottocento e si basano sui famosi modellini in corda utilizzati da Anton Gaudì per compiere delle valutazioni parametriche relative ai calcoli strutturali delle sue opere. Nel XX secolo, Luigi Moretti idealizza un'architettura saldamente connessa a ragionamenti matematici basati sulla logica proponendo diversi progetti, mai realizzati. Nello stesso secolo, alcuni protagonisti della scena architettonica come Félix Candela, Pier Luigi Nervi, Frei Otto realizzeranno progetti fortemente caratterizzati da aspetti morfologici derivanti da calcoli ed elaborazione matematiche e ingegneristiche complesse. Verso la fine del '900 tramite la crescente digitalizzazione degli strumenti di disegno e modellazione tridimensionale inizia a radicarsi stabilmente una concezione di architettura sempre più connessa ed interlacciata con le calcolazioni matematiche [1]. All'inizio del nuovo millennio inizia ad emergere un numero sempre crescente di studiosi e ricercatori che promuovono questa metodologia. In prima linea, Patrik Schumacher getta le basi per un nuovo movimento nel mondo dell'architettura: il **Parametricismo**. Seguendo le orme dei precursori di questa concezione teorica dell'architettura, Schumacher accende un importante dibattito sul ruolo che la parametrizzazione può avere all'interno della progettazione. L'intento di questa tesi non è quello di definire un ruolo stabile che l'utilizzo della progettazione parametrica può ricoprire nel campo dell'architettura, ma piuttosto quello di indagare le potenzialità che questa può avere in risposta alle esigenze contemporanee.

Ad oggi la progettazione parametrica – o design computazionale, è uno strumento molto diffuso ed utilizzato da moltissimi specialisti non solo in campo architettonico, ma anche in quello

artistico, del design, della produzione di arredi, materiali e addirittura vestiti. In architettura le principali direzioni all'interno delle quali si sta muovendo la progettazione parametrica sono la comparazione e gestione dei dati e la modellazione ed il controllo di forme e geometrie complesse. Questo tipo di strumenti aiuta i progettisti a perseguire risultati di qualità in grado di soddisfare i numerosi requisiti di carattere tecnologico ed energetico che intercorrono odiernamente. L'attuale situazione climatica ha fatto sì che le principali potenze mondiali, e in primo piano l'Unione Europea, predispongano dei provvedimenti immediati in relazione al tema della sostenibilità ambientale. All'interno dell'**Agenda 2030**, ad esempio, vengono preposti diversi obiettivi a largo spettro e a scala mondiale su diverse tematiche come la fame, le disuguaglianze, la conservazione degli ecosistemi, lo sviluppo tecnologico, la salvaguardia dei diritti e molto altro, suddividendoli in tre determinate dimensioni dello sviluppo sostenibile: quella economica, sociale ed ecologica. Ad ogni paese è stato inoltre richiesto di stipulare una propria strategia d'azione per il conseguimento degli obiettivi entro le scadenze indicate, comunicando annualmente i progressi ottenuti, in modo da poter monitorare l'andamento di ogni nazione per ognuno dei 17 "goals" indicati dall'Agenda. Gli obiettivi per il 2030 inclusi nella documentazione sono molto ambiziosi e riguardano una moltitudine di settori che andranno ad impegnare numerosi attori sia pubblici che privati per ciascuno dei paesi che hanno sottoscritto l'Agenda. Il settore edilizio, ad esempio, è ampiamente coinvolto in tutti gli intenti relativi alla sostenibilità energetica, ambientale, economica, sociale, oltre che in quelli inerenti allo sviluppo e all'innovazione tecnologica [2]. Nell'ottica di raggiungimento dei target prestabiliti, l'Unione Europea ha adottato nel luglio 2021 il "new Green Deal" o

“Green Deal Europeo”: una serie di proposte per trasformare le politiche dell'UE in materia di clima, energia, trasporti e fiscalità. Il patto è articolato in diversi macro-obiettivi, nel campo dell'edilizia i principali sono:

- Ridurre le emissioni di gas climalteranti del 55% entro il 2030 e diventare il primo continente a impatto climatico nullo entro il 2050;
- Garantire un coerente approvvigionamento di energia proveniente da fonti rinnovabili, con un accessibile valore economico e certificazioni di sicurezza rispetto alla provenienza dell'energia, ai consumatori e alle imprese dell'UE;
- Promuovere nell'industria un'economia circolare e pulita, limitando gli sprechi e orientare la transizione verso un modello di crescita rigenerativo che restituisca al pianeta più di quanto si prenda da esso;
- Favorire la ristrutturazione e la rigenerazione urbana ed energetica di edifici pubblici e privati, limitando l'incremento di consumo di suolo ed innalzando gli standard energetici;
- Preservare e ripristinare gli ecosistemi tramite interventi diretti e indiretti, generando un ambiente adatto alla rigenerazione della biodiversità e privo di sostanze tossiche [3].

La necessità di adempiere al raggiungimento di tali obiettivi fa sì che all'interno delle logiche relative alla progettazione architettonica si ridefiniscano le metodologie ed i fattori da tenere in considerazione durante le diverse fasi dell'iter progettuale. La consapevolezza maturata da anni di ricerca scientifica e sviluppo tecnologico ha messo in luce una nuova serie di elementi di cui tenere conto all'interno della progettazione architettonica, rimettendo in discussione molti dei modelli che da decenni venivano considerati come saldi riferimenti, e incrementando inevitabilmente il livello di complessità con cui l'architetto deve confrontarsi. Le moderne dinamiche del

costruire evidenziano numerose tematiche all'interno delle quali è possibile individuare del margine di miglioramento nell'iter progettuale tradizionale: la coordinazione tra i diversi attori che contribuiscono nello sviluppo di un progetto; la percentuale di arbitrarietà nella selezione dei materiali da costruzione, i fattori che vengono tenuti in considerazione nell'elaborazione degli aspetti volumetrici e morfologici; la gestione di quantità sempre crescenti di dati interconnessi tra loro; la gerarchizzazione a cui vengono sottoposti alcuni meccanismi decisionali e la relativa dilatazione temporale; la capacità di mitigare gli aspetti relativi al comfort, con quelli ambientali, economici, fisici e funzionali. Obiettivo preposto della tesi è quello di approfondire e indagare i metodi e gli strumenti impiegati fino ad oggi per orientarsi verso il miglioramento di numerosi aspetti della progettazione architettonica come: limitare l'arbitrarietà nei meccanismi decisionali, rendere più fluido e dinamico il workflow e l'interoperabilità tra le parti contribuenti al progetto, individuare in tempi rapidi le soluzioni migliori per il variegato ventaglio di parametri di cui è necessario tener conto nello sviluppo progettuale [4].

Il **Building Information Modeling** (o BIM), così come anche la progettazione computazionale, nasce per migliorare questi aspetti e contribuire all'efficientamento della progettazione architettonica. La validità relativa all'impiego di questa metodologia è stata ormai largamente confermata e riconosciuta, sia a livello pratico che normativo. In Italia, ad esempio, dal 2019 è stata riconosciuta come obbligatoria l'applicazione di questo processo per le opere di elevata entità nel settore pubblico [5]. Uno dei principali vantaggi della metodologia BIM è la sua possibilità di integrare strumenti specifici in grado di perfezionarne gli aspetti più carenti. Spesso queste dinamiche sono tuttavia

sottoposte a processi di interoperabilità che possono talvolta risultare macchinosi e articolati. La programmazione visuale, ad esempio, permette di integrare all'interno dello sviluppo di progetto calcoli complessi che richiederebbero moltissimo tempo se condotti analiticamente; i risultati ottenuti da analisi di tale entità sono in grado di influire positivamente sui risultati finali della progettazione architettonica. Tramite la modellazione parametrizzata diviene inoltre possibile la gestione di geometrie complesse e articolate definibili in modo matematico e adattivo in tutte le fasi dell'iter progettuale. Il contributo che la progettazione parametrica è capace di apportare al progetto è leggibile sia da un punto di vista temporale, in quanto riduce notevolmente le tempistiche delle diverse fasi del processo; che da un punto di vista qualitativo dell'architettura, in tutte le interpretazioni in esso contenute: da quelle analoghe alla fisica tecnica, agli aspetti distributivi e tecnologici, fino a quelli morfologici e materici [6]. Questo strumento permette inoltre l'impiego di algoritmi generativi in grado di suggerire risposte consolidate alle diverse problematiche in cui si può intercorrere nei meccanismi decisionali interni allo sviluppo di progetto. I limiti delle potenzialità degli strumenti parametrici sono direttamente proporzionali alle capacità di chi li utilizza.

01.1 - Aspetti introduttivi

01.1.1 - Da analogico a digitale	13
01.1.2 - Il Parametricismo	19
01.1.3 - La metodologia BIM	23
01.1.4 - Il quadro normativo	31
01.1.5 - La gestione dei dati	35

01.2 - Obiettivi e strumenti

01.2.1 - Finalità della ricerca	39
01.2.2 - La progettazione parametrizzata	45
01.2.3 - LCA e fattori ambientali	49
01.2.4 - Il visual programming language	51
01.2.5 - Gli algoritmi generativi	57
01.2.6 - Interoperabilità tra software	61

01.3 - Caso studio

01.3.1 - Il territorio	65
01.3.2 - Mappe tematiche	73
01.3.3 - Il contesto	81
01.3.4 - Cenni storici	91
01.3.5 - L'area di progetto	99

01.4 - Metodologia

01.4.1 - Raccolta dei dati	107
01.4.2 - Selezione della tecnologia	111
01.4.3 - Analisi ambientali	121
01.4.4 - Modellazione della copertura	127
01.4.5 - Modellazione delle schermature	131

01.1 - Aspetti introduttivi

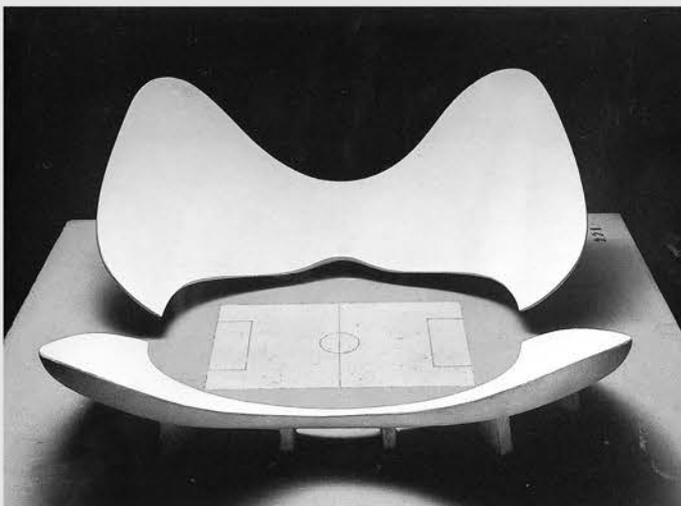
01.1.1 - Da analogico a digitale

Prima di essere enormemente potenziata dalle tecnologie digitali, già nell'epoca classica si era delineata una concezione parametrizzata dell'architettura, basti pensare al tempio di Hera (590 b.C) a Olimpia, le cui dimensioni generali di quasi tutto l'impianto sono derivate da un singolo **parametro**: il diametro della colonna. Cambiare quella misura avrebbe comportato delle modifiche all'intero progetto e sotto questo punto di vista ci sono notevoli parallelismi con le attuali definizioni di una progettazione parametrizzata [7]. L'ideale di una architettura parametrica venne indagata ulteriormente nell'era predigitale da maestri del settore come Anton Gaudì (1852-1926) e Frei Otto (1925-2015); entrambi concepivano architetture dalla forma libera tramite modelli flessibili generati direttamente da fenomeni naturali. Secondo la logica di entrambi era la gravità il parametro da impiegare per definire la struttura degli edifici, essa dettava la forma e le geometrie praticabili nello sviluppo delle loro opere. Già nel 1924 Theo Van Doesburg espone la sua concezione di architettura plastica, con essa propone in primo luogo di abbandonare i modelli tradizionali di progettazione e le tipologie di architettura già ampiamente navigati per ripensare in modo completamente nuovo all'architettura. Secondo il suo pensiero lo sviluppo di un'architettura è infatti strettamente dipendente dagli elementi costruttivi che la compongono. L'involucro edilizio deve essere destrutturato e ricomposto in componenti indipendenti identificati da linee, superficie, piani orizzontali e verticali capaci di generare dissonanze e contrasti fra di loro [8].

Nella seconda metà del ventesimo secolo si assiste ad una lenta rivoluzione culturale, con una certa reticenza si abbandona lentamente il disegno tecnico manuale per abbracciare una tipologia di rappresentazione completamente digitale assistita dai primi calcolatori grafici. Nel 1957 il dottor Patrick Hanratty introdusse il primo sistema a controllo numerico, conosciuto con l'acronimo **DAC** (Design Automated by Computer), per ovvie ragioni il software risultava molto complesso e macchinoso in quanto permetteva la definizione di rappresentazioni bidimensionali soltanto attraverso la descrizione dei singoli punti costituenti le linee che si intendeva disegnare. Tra gli anni '60 e '70 iniziarono a diffondersi i primi modelli digitali attraverso specifici software di grafica computerizzata che portarono alla sperimentazione dei vantaggi derivati dall'uso del **CAD** (Computer-Aided Design/Drafting), settore informatico impiegato nell'attività di progettazione (design) e disegno tecnico (drafting) [9] destinato alla modellazione delle autovetture. Tali sistemi di progettazione assistita, sia bidimensionali che tridimensionali, avevano lo scopo di rappresentare il manufatto secondo la precisione e l'autenticità del disegno tecnico, lasciando all'utente il compito di gestire e editare ogni aspetto della geometria rappresentata, senza intercorrere nelle complessità generate analogamente alla precisione dell'esecuzione. Con l'inizio degli anni '80 e la diffusione sempre crescente dei personal computer, la digitalizzazione comincia a prendere parte anche nel settore dell'architettura. Alcuni studi iniziano a sostituire le macchine da scrivere con elaboratori capaci di formulare testi, tabelle infografiche e calcoli complessi ma queste macchine rimangono tuttavia strumenti per la mera gestione e organizzazione del lavoro. Verso la metà del decennio si assiste a un

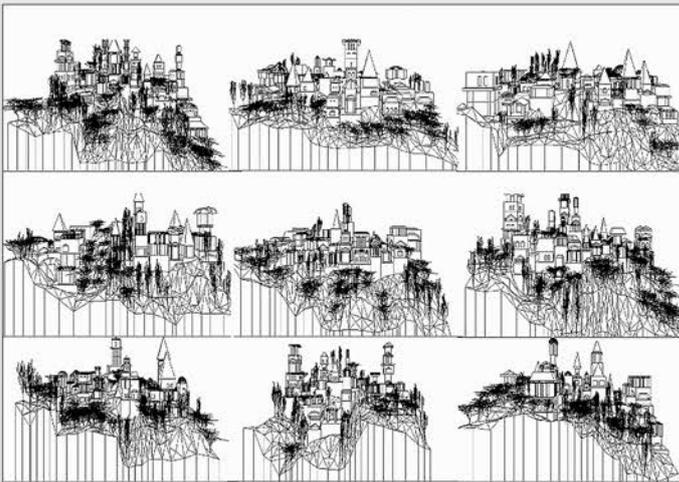
progressivo miglioramento sia dei prodotti hardware che di quelli software, mirato ad andare incontro alle esigenze di utilizzo degli utenti attivi in diversi settori. Negli anni '90 l'uso di tali sistemi diventò estremamente comune, grazie anche alla diffusione di computer dalle migliorate prestazioni del sistema grafico. Presto ogni studio o professionista che volesse risultare competitivo nella qualità delle rappresentazioni e nelle tempistiche di produzione degli elaborati dovette adattarsi ai nuovi standard settati dal progresso tecnologico [10].

Il lavoro avviato dai precursori venne ampiamente approfondito durante l'era della digitalizzazione, molte università in collaborazione con studi di architettura aprirono numerosi canali di ricerca indirizzati verso la progettazione parametrica. **Luigi Moretti** (1906-1973) conia il termine "architettura parametrica" promuovendo la ricerca delle soluzioni architettoniche nei parametri dei fenomeni costituenti le funzioni stesse che definiscono i limiti all'interno dei quali vengono individuate, selezionate e disegnate le forme risolutive del progetto [11].



Luigi Moretti, Modello per uno stadio realizzato secondo le curve di equi-appetibilità visiva, 1960.

La concezione di una modellazione parametrizzata vera e propria comincia a svilupparsi nella seconda metà degli anni '80, quando venne promossa l'idea di automatizzare i vari aspetti geometrici in base al cambiamento del contesto e quindi semplificare all'utente il lavoro di revisione e gestione dei dati. Uno dei più grandi pionieri che promuoverà una tipologia di progettazione parametrica e generativa è **Celestino Soddu**, già nel 1986, inizia a sviluppare degli algoritmi capaci di generare infinite variazioni di modelli 3d su una base tipologica.



Celestino Soddu, Project of typical Italian Medieval Towns Identity able to generate 3D models with endless variations, 1987.

La capacità di aggiornare meccanicamente gli oggetti e gestire svariate proprietà e informazioni, oltre a quelle puramente geometriche, ha inoltre portato alla formulazione di una nuova tecnologia: il BIM. Tale metodologia permise, come i precedenti, di efficientare la generazione di disegni 2D e 3D ma a differenza dei processi tradizionali non basò più la computazione dei dati sulla sola composizione di linee vettoriali, forme e caselle di testo, ma bensì su di un insieme di dati che descrivessero virtualmente gli oggetti, imitando il modo in cui questi vengano gestiti

effettivamente nel mondo reale [12]. La diffusione del BIM accelerò con l'inizio del nuovo millennio assieme a numerosi altri software specifici, la multidisciplinarietà è infatti un aspetto intrinseco dell'architettura che portò la ricerca ad espandersi verso diversi fronti promuovendo una moltitudine di possibilità con le quali valutare o analizzare un sito sotto molteplici punti di vista.

Ad oggi la progettazione parametrica viene ordinariamente impiegata per la modellazione di forme complesse e per la gestione di grandi quantità di dati negli studi più importanti del mondo. Sono presenti migliaia di esempi ampiamente riconosciuti in ogni angolo del globo: lo studio **Gehry Partners**, promuove un concetto decostruttivista dell'architettura e impiega la progettazione parametrica per governare le forme più variegata e complesse con le quali ci si è mai approcciati ad un progetto di architettura; **Zaha Hadid Architects**, universalmente considerato lo studio maggiormente prolifico nel settore della progettazione parametrica sia a livello costruttivo che teorico; **Santiago Calatrava** e le sue opere sorrette da strutture caratterizzate da fortissime influenze parametriche.



Gehry Partners, Guggenheim museum, Bilbao, 1997.



Zaha Hadid Architects, Centre heydar aliyev, Baku, 2012.



Santiago Calatrava, Stazione AV mediopadana di Reggio Emilia, 2013.

01.1.2 - Il Parametricismo

Durante la Biennale di Venezia del 2008, Patrik Schumacher - uno dei principali collaboratori della famosa architetta Zaha Hadid, conia il termine "Parametricismo" e ne presenta il manifesto ufficiale all'interno del quale detta le basi di quel che diverrà il movimento architettonico d'avanguardia promosso come diretto successore degli stili architettonici moderni e postmoderni. Secondo Schumacher gli stili d'avanguardia, analogamente ai nuovi paradigmi scientifici, definiscono un nuovo quadro concettuale e formulano nuovi obiettivi e metodi, è attraverso la progressione e la transizione tra questi che si fa innovazione in campo architettonico. Autoidentificarsi stabilmente in uno stile e mantenere saldi i principi da questo sostenuti fa sì che lo stesso stile si affermi come soluzione alle moderne necessità. Questa tenacia dogmatica potrebbe essere paragonata all'insistenza newtoniana nel cercare una spiegazione ad ogni fenomeno che sia esso naturale o artificiale: dalle traiettorie gravitazionali dei pianeti ai meccanismi di esplosione di un proiettile. Nella ricerca scientifica storica è ricorrente un nocciolo duro che viene ostinatamente difeso e che contiene intrinsecamente al suo interno i meccanismi risolutivi dei problemi teorici presentati. Analogamente nella definizione di nuovi stili architettonici vengono esplicitate tipologie di dialettica capaci di indirizzare verso determinati percorsi di ricerca invece che altri.

Il Parametricismo, all'origine del suo concepimento, esplicitava indirizzi tangibili da perseguire all'interno della progettazione e conseguentemente ne definiva altri da abbandonare. Evitare le ripetizioni modulari, gli angoli retti, le addizioni e sottrazioni volumetriche che non si articolino con il resto del progetto; ibridare forme e componenti,

iterare i dati secondo modelli logici, impiegare componenti generative e non tipologie familiari, lo script piuttosto che il modello, la curva piuttosto della spezzata. Nella parte conclusiva del trattato vennero definite 5 agende da prendere a riferimento per lo sviluppo del Parametricismo:

1 - L'inter-articolazione dei sottosistemi

Differenziare il proprio pensiero compositivo del sistema unico tradizionale composto da sciami di singole componenti per abbracciare la concezione di un sistema composto da associazioni scriptate di più sottosistemi interlacciati tra loro.

2 - L'accentuazione parametrica.

Migliorare il senso di integrazione organica nelle opere tramite correlazioni in grado di favorire l'amplificazione degli obiettivi perseguiti nell'iter progettuale. Includere l'impostazione di soglie e singolarità accentuanti nell'opera al fine di ottenere un'articolazione più ricca e rendere disponibili informazioni visive più orientate.

3 - La figurazione parametrica.

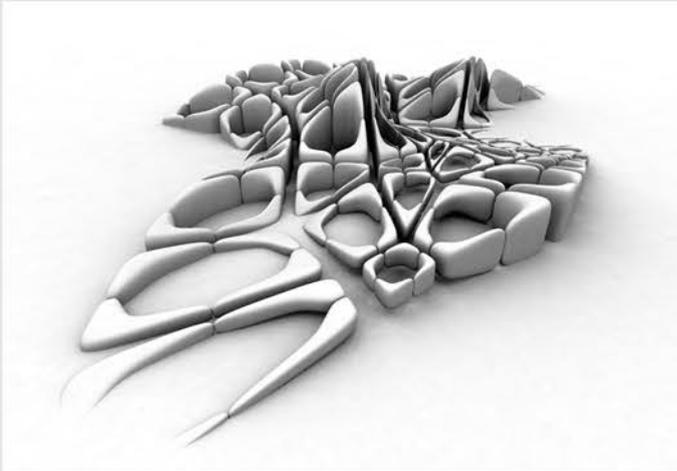
Sviluppare le configurazioni articolate da diverse chiavi di lettura e impiegarle come modelli parametrici caratterizzati da una determinante sensibilità delle variabili. Oltre ai consueti parametri geometrici dell'oggetto devono essere considerati e integrati nel sistema i parametri ambientali e i parametri dell'osservatore.

4 - La reattività parametrica.

Progettare gli ambienti urbani e architettonici incorporando all'interno di questi la capacità cinetica di riconfigurarsi e adattarsi in risposta ai modelli prevalenti di uso e occupazione. Gli ambienti devono essere in grado di acquisire un'azione reattiva a diverse scale temporali.

5 – L'urbanistica parametrica.

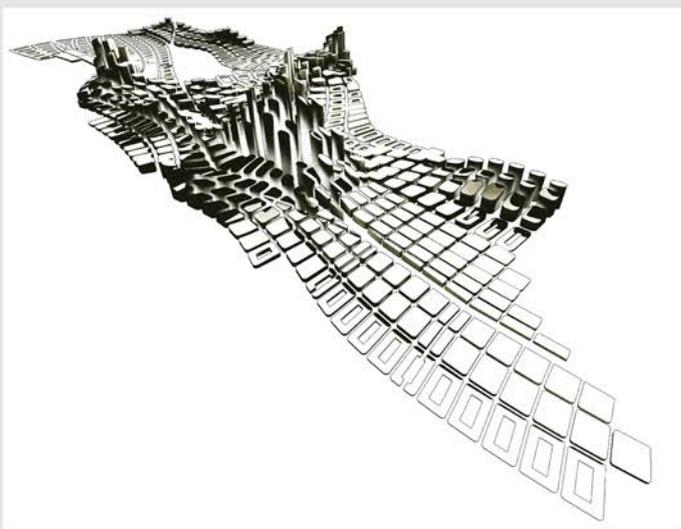
Configurare ambienti urbani composti da uno sciame di edifici caratterizzati da regole ambientali che ne accentuino sia la differenziazione l'uno da l'altro che il filo logico comune su cui viene sviluppata la pianificazione. Quest'ultima agenda coinvolge direttamente tutte le altre ad una scala più ampia [13].



Zaha Hadid Architects, Model study of Kartal-Pendik Masterplan, Istanbul, 2006.

Nel tempo la corrente parametrica è maturata implementandosi di basi incentrate sulla matematica e la logica applicate al perseguimento delle agende sopracitate. Le principali critiche mosse in campo architettonico a questo metodo di progettare riguardano l'allontanamento dell'architetto dal concetto di perseguire una poetica di progetto che vada a delineare gli aspetti fondamentali dell'opera. Al contrario, il metodo parametrico perfeziona le modalità di raggiungimento degli obiettivi preposti garantendo risultati più calzanti rispetto ai processi tradizionali ed è inoltre l'unico approccio che riesce a trarre vantaggio e a gestire la complessità richiesta dalle odierne dinamiche **sociali e tecnologiche** [14]. Ad oggi, il Parametricismo sta subendo un periodo di autocritica costruttiva indirizzata al definirne i

limiti e gli indirizzi da perseguire. Sono molte le concezioni che sono state costruite attorno al concetto di un'architettura parametrizzata, per alcuni il Parametricismo non è e non sarà mai uno stile, bensì un processo che si sta affiancando alle moderne metodologie di costruzione proprio come il computer subentra lentamente nel settore dell'edilizia andando a sostituire il tavolo da disegno; altri sostengono che il Parametricismo è tuttora il nuovo stile che succederà al Postmodernismo e che presto prenderà piede in modo sempre più incalzante; altri ancora lo considerano un approccio ausiliario alla progettazione architettonica che è in grado di perfezionarne alcuni aspetti.



Zaha Hadid Architects, Model study of Kartal-Pendik Masterplan, Istanbul, 2006.

01.1.3 - La metodologia BIM

Il termine 'BIM' appare per la prima volta negli Stati Uniti, coniato nel 1974 dal professor Charles M. Eastman del Georgia Institute of Technology e reso popolare nel 2002 in una pubblicazione del ricercatore Jerry Laiserin [15]. Letteralmente tale acronimo riporta tre diversi significati:

1 - **Building Information Modeling**: è una rappresentazione digitale del processo costruttivo che facilita lo scambio e l'interoperabilità delle informazioni. Un modello BIM contiene tutte le caratteristiche fisiche e funzionali di una costruzione. Queste informazioni costituiscono una base assolutamente affidabile per assumere le migliori decisioni durante l'intero ciclo di vita dell'opera; dalla sua prima concezione, alla sua gestione una volta realizzata, fino alla sua demolizione. Tale tecnologia integra in un unico modello intelligente tutte le informazioni utili in ogni fase della progettazione architettonica, strutturale, impiantistica, energetica e gestionale, rendendole sempre disponibili e aggiornandole in modo coordinato ed automatico.

2 - **Building Information Model**: è un sistema ricco di dati orientato agli oggetti e alla rappresentazione digitale parametrica dell'impianto, da cui viste, disegni e dati possono essere estratti dagli utenti e analizzati per generare informazioni che possono essere utilizzate per prendere decisioni e migliorare il processo di formazione e consegna dell'opera.

3 - **Building Information Management**: rappresenta il sistema organizzativo che controlla il processo di formazione ed informazione del modello digitale, per effettuare lo scambio di dati nell'intero ciclo di vita

dell'opera, integrando diverse discipline in un unico database, controllando la regolamentazione normativa, la documentazione 'as built', per una progettazione efficientemente coordinata [16].

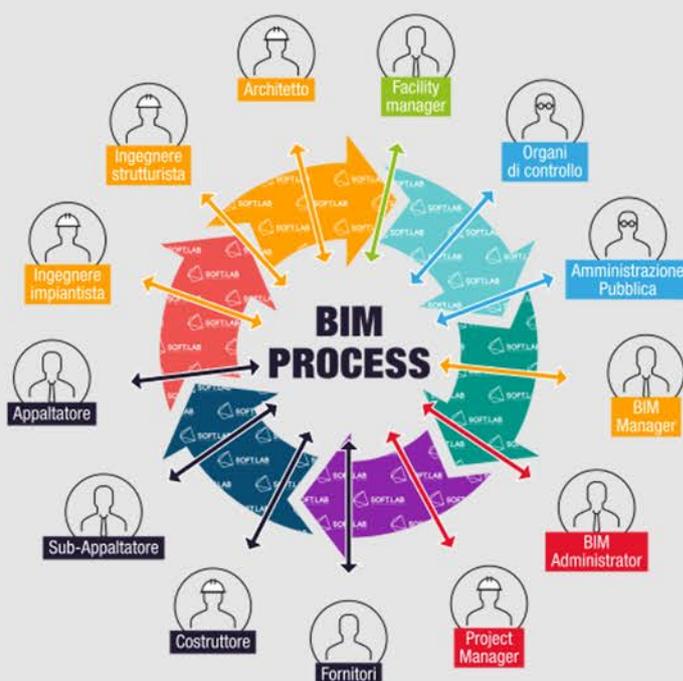
Ricapitolando, il termine BIM può essere identificato sia come modello geometrico informativo, che come metodologia progettuale e di coordinamento: il Building Information Modeling è un procedimento mirato a generare e gestire dei dati di un edificio durante tutto il suo ciclo vita, interessando aspetti meccanici, elettrici, idraulici (MEP) ed energetici (BEM), oltre che la gestione temporale (4D), quella economica (5D), la sostenibilità (6D) e la gestione delle fasi operative (7D) [17].



BIM.archiproducts, Modelli informatizzati di condivisione dati e le 7 dimensioni del BIM.

Tale processo produce un Building Information Model che si compone di una geometria, di connessioni spaziali con il contesto, di vincoli, quantità e proprietà del fabbricato. Questa tecnologia si basa su una modellazione

collegata ad un database di informazioni relative al progetto, che si relazionano a vicenda. Un modello BIM è generalmente caratterizzato da componenti e oggetti digitali intelligenti, ai quali vengono associati dati e regole parametriche per la loro gestione. Ogni modifica di tali dati coordinati è istantaneamente riportata in ogni possibile disegno tecnico, vista, abaco, o computo del modello e può essere condivisa con altri professionisti del team di progettazione. Le informazioni raccolte in un modello BIM variano dalla localizzazione geografica, alla spazialità geometrica, alle proprietà dei materiali impiegati completi di specifiche tecniche fornite dai produttori.



BIM process, Interoperabilità tra gli attori facente parte del progetto edilizio.

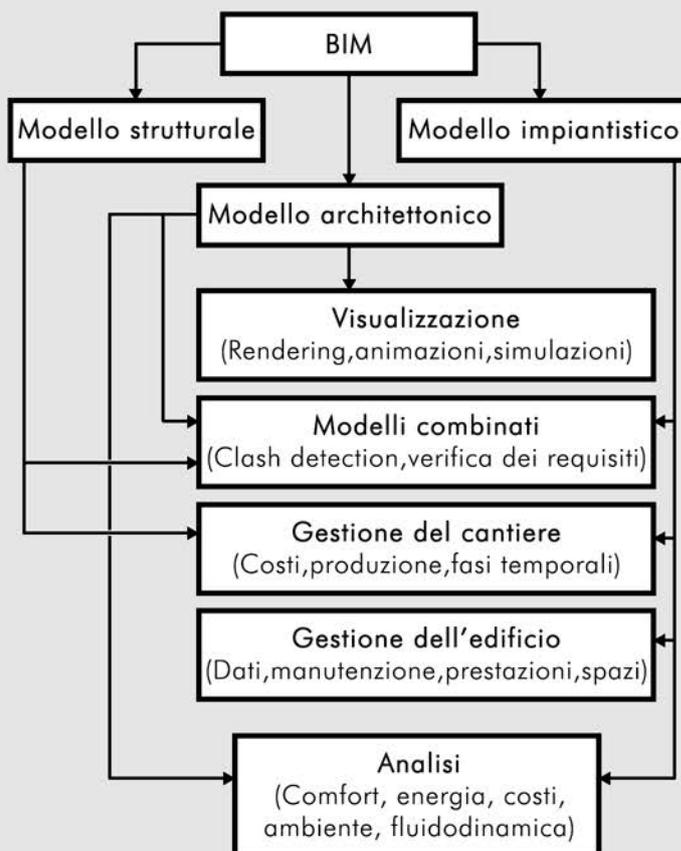
I vari elementi BIM, che compongono un modello, sono definiti attraverso quattro classi di parametri: la prima classe gestisce la geometria dell'oggetto, le dimensioni, i materiali e ogni singolo sub-elemento

costituente il sistema assemblato, mediante una lista di voci presenti nelle proprietà dell'elemento stesso; la seconda classe governa l'aspetto rappresentativo dell'oggetto, sia nel passaggio da 2D a 3D, sia nei diversi livelli di dettaglio e stili di visualizzazione; la terza classe gestisce informazioni di costo, produzione e altri parametri personalizzabili dall'utente; infine la quarta classe comprende le caratteristiche prestazionali dell'oggetto, da un punto di vista fisico-tecnico, di trasmissione del calore, trasmittanza acustica, resistenza al fuoco, ecc..

Da un punto di vista puramente grafico, le tecnologie BIM promuovono l'utilizzo di 'CAD verticali' anziché sistemi tradizionali dei "CAD orizzontali": i **CAD orizzontali** hanno un dominio più ampio e sono applicabili in contesti differenti (architettonico, meccanico, ecc.), in quanto lo strumento informatico non rivela alcuna differenza e nessuna nozione associata alle diverse entità. In altre parole, la rappresentazione di una "linea" rimane tale, sia essa la superficie di un muro, sia lo spigolo di un elemento meccanico; in tale caso viene attribuito all'utente l'onere di assegnare l'identità e significato al disegno rappresentato. I sistemi **CAD verticali** invece, presentano un dominio ristretto, orientati a un particolare contesto applicativo. Ad esempio, nella progettazione architettonico, un elemento "muro" sarà costituito da un insieme di informazioni consultabili e manipolabili, dipendenti dal controllo del programma operativo: Ad esso saranno associabili elementi come "porte" e "finestre", perché viene riconosciuta l'identità dell'elemento come "muro", il quale avrà una propria stratigrafia compositiva di materiali e sarà gestito da un database alfanumerico di informazioni [10].

Tra i molteplici software che utilizzano la modellazione parametrica in BIM, uno dei più noti e utilizzati è **Autodesk Revit**, creato dalla Revit Technologies Inc. e comprato da Autodesk nel 2002 per 133 milioni di dollari. Il programma conserva un'interfaccia intuitiva, la "Ribbon bar", simile a tutti i software Autodesk ma, a differenza di questi altri, è incentrato principalmente sulla progettazione parametrica. Secondo per utilizzo, ma con il primato di essere la più vecchia piattaforma BIM esistente, il programma **ArchiCAD** fu sviluppato dalla società ungherese Graphisoft nel 1980, successivamente acquistato da Nemetschek nel 2007 e introdotto con gli stessi scopi di Revit. Sia Revit che ArchiCAD sono considerati validi strumenti BIM, entrambi presentano numerose funzionalità che combaciano e al tempo stesso si differenziano notevolmente: ArchiCAD, più immediato nella creazione di un progetto secondo il metodo BIM e meno complesso di Revit, manca proprio di quella complessità e molteplicità di opzioni messe a disposizione per la fase iniziale di un progetto e difetta della capacità di lavorare su più software; infatti il vantaggio offerto dal prodotto Autodesk è quello di riuscire a lavorare in team sullo stesso modello in tempo reale [18]. Nonostante conservino una sostanziale differenza di forma, funzioni e l'organizzazione interna per menu e categoria sia molto diversa tra i due programmi, mantengono entrambi la caratteristica di avere un'interfaccia estremamente intuitiva. Autodesk Revit è utilizzabile solo su piattaforma Windows, mentre **ArchiCAD** può essere predisposto anche su Mac Os. Per entrambi le modifiche effettuate vengono incise su file, non sugli oggetti, questo comporta il possesso di una performante memoria RAM all'interno del computer di lavoro. Risulta inoltre troppo articolata e macchinosa la creazione e la gestione di forme organiche complesse e generative [19] rispetto all'utilizzo di altri strumenti dedicati alla

modellazione tridimensionale complessa. I due software hanno la possibilità di importare elementi esterni (come immagini, modelli e file) e implementare il loro database mediante oggetti BIM esterni, sia scaricabili che modellabili: Tali "BIM objects" rappresentano la componente fondamentale di tutti i modelli informativi, in quanto riproducono l'alter ego digitale dei singoli elementi che compongono il manufatto edilizio e si possono trovare in parte già presenti nelle librerie messe a disposizione dei Software di BIM Authoring [20]. In alternativa entrambe le applicazioni parametriche si predispongono di una programmazione di oggetti personalizzati, che seguono regole di composizione diverse in base alle specifiche del software.



Schema delle funzionalità relative alla metodologia BIM.

Il concetto di progettazione parametrica venne efficacemente espresso da Patrick MacLeamy nel 2004, attraverso uno schema composto da una funzione curvilinee, che prende il nome dal suo inventore: la curva di MacLeamy. Il diagramma mette in relazione gli sforzi progettuali con le fasi temporali di realizzazione dell'opera, confrontando il processo di progettazione tradizionale (Drafting-centric workflow) con il metodo della progettazione parametrica - integrata (BIM workflow). Si evidenzia come nella progettazione tradizionale (curva 3) il picco degli sforzi si presenti nella fase di costruzione e documentazione del processo, invece nella progettazione integrata (curva 4), il picco si verifichi alla fine della fase di progettazione preliminare. Viene evidenziato come i costi abbiano un'incidenza positiva nella fase iniziale di costruzione attraverso la progettazione parametrica, contrariamente a quello che si verifica in una tradizionale progettazione, dove i costi valutati risultano maggiorati. Il significativo messaggio di tale grafico non è finalizzato alla scelta della metodologia migliore per la riduzione dei costi di un progetto, ma il fatto di poterli prevedere ed anticipare nelle varie fasi temporali [21].

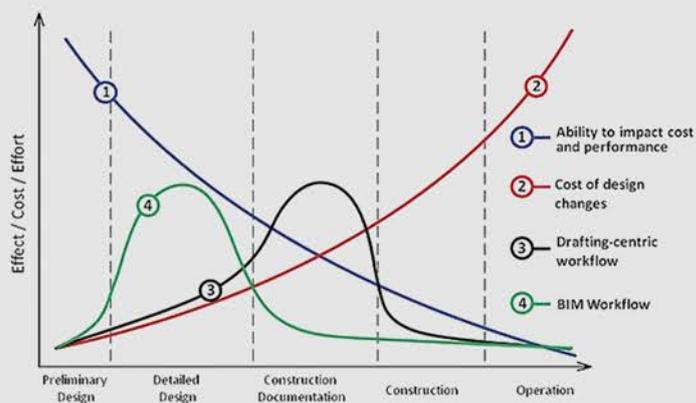
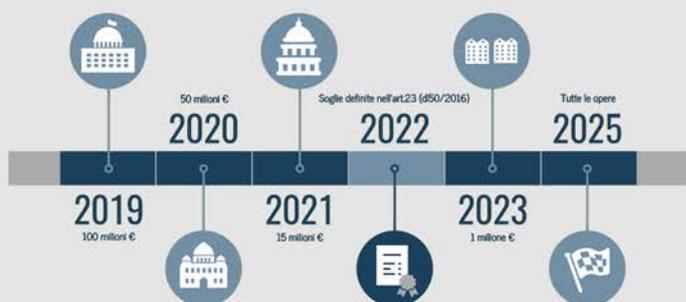


Diagramma di McLeamy, HOK presentation, 2001.

01.1.4 - Il quadro normativo

Come già da diverso tempo avviene in molti Paesi Europei, mediante la direttiva 2014/24/EU sugli appalti pubblici, anche l'Italia ha approcciato una politica industriale per i costruttori mirata allo sviluppo dell'utilizzo della nuova tecnologia BIM, in linea con la normativa Europea e con la maggior parte delle Nazioni maggiormente sviluppate nell'ambito del progresso tecnologico. Lo scopo principale, oltre a quello relativo al processo costruttivo, è il monitoraggio e la gestione dell'edificio in tutto il suo ciclo di vita. Tramite la metodologia BIM non ci si avvale della modellazione unicamente per fini rappresentativi del progetto, ma si riesce bensì a raccogliere informazioni e dati del fabbricato in modo che queste possano essere consultabili nel tempo, anche dopo la sua ultimazione. In altre parole, progettare per garantire un controllo futuro del modello, effettuare previsioni delle mutazioni che potrebbero verificarsi nel tempo, stimare eventuali soluzioni da adottare e guidare l'intervento di altri professionisti che agiranno sulla struttura, durante l'intero ciclo di vita. L'impiego di metodi di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture per gli appalti pubblici, è stata sancita nel **Nuovo Codice Appalti** (Decreto Legislativo 18/04/2016, n.50), entrato in vigore nel 2019, il quale ha reso la progettazione in BIM obbligatoria per rilasciare dati ed informazioni digitali di qualsiasi costruzione [22]. L'obbligo dell'utilizzo del BIM negli appalti pubblici segue una introduzione progressiva, descritta nel **decreto BIM** (DM 560/2017) e riguarda basi di gare pari o superiori a 100 milioni di euro nel 2019, pari o superiori a 5,2 milioni di euro nel 2022 e arriverà ad interessare tutte le nuove opere pubbliche dal 2025 in poi [23].



Timeline degli obiettivi normativi italiani relativi al BIM nella gestione degli appalti pubblici.

Secondo uno studio rilasciato il 7 febbraio 2019 dal CRESME (Centro di ricerche di mercato e servizi per chi opera nel mondo delle costruzioni e dell'edilizia), in collaborazione con il Centro Studi del CNAPPC (Consiglio Nazionale Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori), si rivela che tra il 2017 e il 2018 c'è stato un aumento del 30% della richiesta dell'uso delle metodologie BIM nelle gare di progettazione, dimostrando che il mercato di tale tecnologia in Italia sta sempre più interessando il settore pubblico: nel 2018 l'ammontare delle gare di progettazione in BIM è salito a 246 milioni di euro rispetto al 2017 in cui erano appena 36 milioni, cioè una crescita di circa l'800%. Analizzando i dati mese per mese ne risulta una crescita continua ma si nota una chiara accelerazione nel quarto trimestre del 2018, quando si toccarono gli 80 bandi per 163 milioni di euro [5]. L'analisi del numero di bandi in BIM dimostra che si è passati da circa 30 procedure nel biennio 2015-2016 a 291 procedure nel 2018. Il trend di crescita dei bandi BIM sembra destinato a consolidarsi nei prossimi anni per effetto della progressiva introduzione di tali metodi e strumenti come previsto dagli strumenti normativi, ma anche per la crescita culturale che sta avvenendo nel

nostro Paese. Sembrerebbe tuttavia che le stazioni di concessione degli appalti pubblici abbiano deciso di adottare il BIM già prima delle date previste dal decreto, dove l'importo medio delle gare in BIM nel 2018 è di 847.000 euro (inferiore a un milione di euro). Lo scorso 2 agosto è stato firmato dal Ministero delle Infrastrutture e Mobilità Sostenibile (MiMS), il **decreto MiMS 2 agosto 2021 n. 312** [24], integrando modifiche al decreto del 2017, stabilendo le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture. Nella documentazione vengono inoltre precisate delle disposizioni che erano state omesse nel precedente decreto e che riguardano alcuni processi di adeguamento delle stazioni appaltanti. Tra le aggiunte alla normativa figurano la programmazione di un piano di formazione del personale, un piano di acquisizione o di manutenzione degli strumenti hardware e software di gestione digitale dei processi decisionali e informativi, nello specifico questi devono venire adeguati alla natura dell'opera, alla fase di processo ed al tipo di procedura in cui sono adottati; un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e di gestione delle singole fasi della procedura; l'identità e la trasparenza dei gestori dei dati e le modalità di gestione/risoluzione dei conflitti.



Situazione attuale delle normative mondiali riguardanti il BIM, 2015.

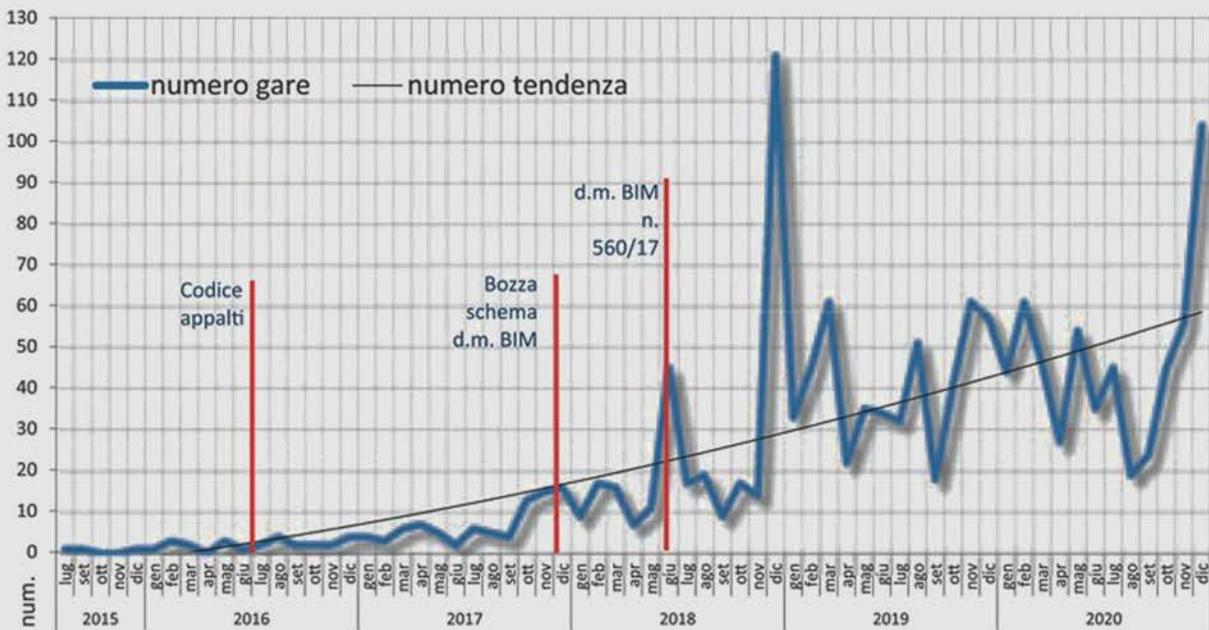


Grafico dell'andamento mensile del numero di bandi BIM dal 2015 al 2020.

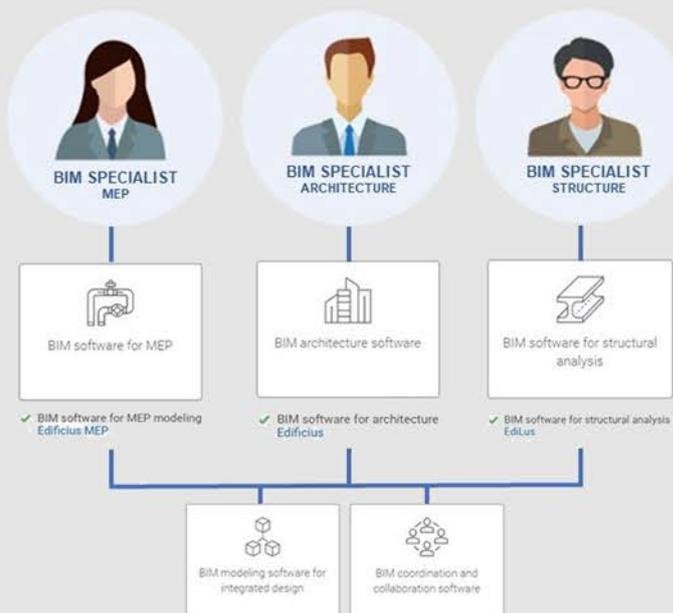
Fonti: CADENAS GmbH, OICE

01.1.5 - La gestione dei dati

La principale caratteristica che rende efficiente la metodologia di lavoro in BIM riguarda la possibilità che ha ciascun professionista di lavorare autonomamente con diversi software e che, in maniera automatizzata, possa condividere i file in un unico database attraverso formati di scambio standard accessibili a tutti. L'esigenza di tale scambio deriva dalla necessità di gestire e conservare tutte le informazioni inerenti al progetto e poterle condividere con altri utenti in maniera affidabile, senza perdita di dati. L'**interoperabilità** è un processo che permette di far interagire il modello BIM con diverse applicazioni che possano incrementarne il panorama di analisi e stime, portando benefici in termini di lavoro, tempo e costi, non solo riguardo la realizzazione del fabbricato, ma anche del suo intero ciclo di vita, fino alla dismissione di quest'ultimo. L'interoperabilità tra software permette inoltre di sviluppare una consapevolezza preliminare sugli impatti e sugli sforzi progettuali nelle varie fasi di realizzazione di un'opera, adottando anticipatamente e in maniera dinamica gli opportuni interventi progettuali, che siano essi inerenti ad una nuova progettazione, ad opere di restyling o retrofit [25]. Per sfruttare operativamente le potenzialità messe a disposizione da questi strumenti, risulta indispensabile definire le condizioni di gestione dei dati ed altri tipi di applicazioni. Tali software devono quindi disporsi di un formato il più possibile standardizzato e che possa permettere efficacemente l'interoperabilità, svincolando così i progettisti dall'utilizzo di un'unica piattaforma di lavoro. Per tale scopo l'associazione buildingSMART ha sviluppato il programma "OpenBIM", ovvero un approccio universale di collaborazione basato su standard e flussi di lavoro open-source, reso possibile grazie all'introduzione del formato IFC (Industry Foundation Classes), mezzo principale di

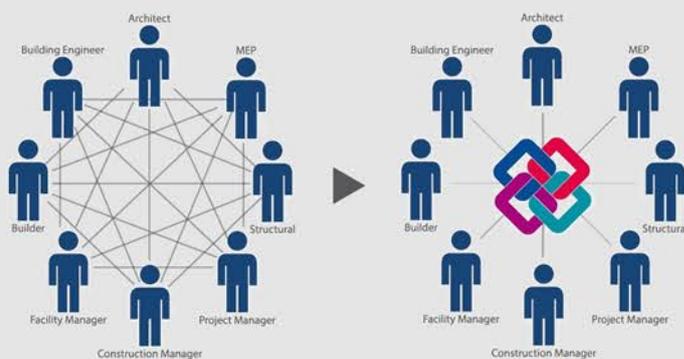
scambio di informazioni utilizzato nella progettazione BIM e regolamentato secondo i requisiti ISO 16739:2013. Tale formato è caratterizzato da una ridotta dimensione dei file, dal mantenimento dei contenuti digitali identici agli originali e dalla possibilità di trasmettere informazioni aggiuntive degli oggetti inseriti in altre piattaforme BIM, senza la necessità di trasformarli ulteriormente [26].

Un ulteriore formato di scambio ampiamente utilizzato è il Green Building XML (gbXML), questo è stato introdotto da Green Building Studio Inc. con il fine di ottenere una metodologia per trasferire dati da un modello BIM agli strumenti dedicati all'analisi energetica, sviluppando così un Building Energy Modeling (BEM). Tali simulazioni energetiche vengono svolte in regime dinamico e basate su input di progetto come: la geometria dell'edificio, il suo contesto climatico, le caratteristiche costruttive e il tipo di impianto predisposto, permettendo di ricavare una stima dei costi del fabbisogno energetico nel tempo, dell'inquinamento prodotto, ecc [27].



Professioni specializzate nella progettazione in BIM.

La nuova metodologia di **progettazione collaborativa** quindi, mediante gli strumenti BIM, ha necessariamente introdotto un nuovo sistema di figure professionali specializzate nel settore di competenza: il "BIM Specialist" è una figura professionale con il compito di estrarre dati e documentazioni dal modello, lavorando sotto la supervisione di un coordinatore, svolge analisi tecniche in relazione alla propria disciplina di riferimento. Il "BIM Coordinator" gestisce e coordina il lavoro dei BIM Specialist, in base alle discipline di competenza assegnate, mediante strumenti e software necessari per le attività di controllo e gestione del progetto. Infine, il "BIM Manager" è il professionista con il compito di gestione, aggiornamento e coordinamento dell'intero modello. Inoltre, ha la mansione di intermediario tra il lavoro dell'intero team e le esigenze del committente, stabilendo date, scadenze e sviluppo delle fasi del lavoro [28].



Schema di confronto tra interscambio di documentazioni 2D e approccio BIM nell'esecuzione di progetto.

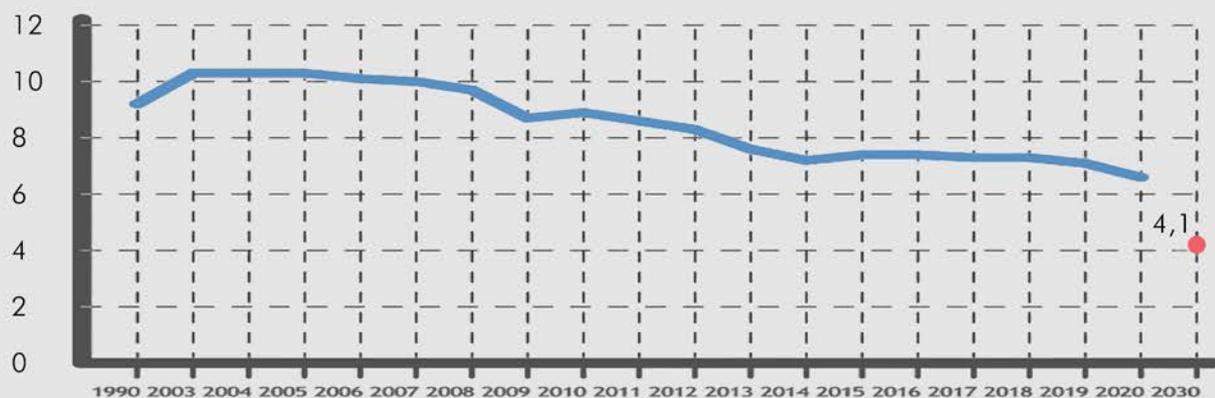
Uno degli usi maggiormente apprezzati del BIM, in ambito di interoperabilità tra software, riguarda il rilevamento di interferenze (Clash Analysis), che consiste nell'unione di vari progetti provenienti da diverse discipline (architettonico, ingegneristico, impiantistico, ecc.) in un modello unico, per identificare le eventuali 'collisioni' fisiche tra gli elementi,

anticipando problematiche che potrebbero verificarsi nelle fasi ultime dell'iter. Tale procedura rientra nel "Model Checking", ovvero una fase di verifica e validazione del modello, che permette di gestire i dati e le informazioni di un progetto durante il suo intero ciclo di vita [29]. Una fondamentale caratteristica che contraddistingue la metodologia BIM da quella tradizionale è la gestione e il rilevamento delle interferenze che viene svolta dal BIM Coordinator attraverso piattaforme di Issue Management, come ad esempio il prodotto Autodesk "Navisworks Manage": tale software di revisione di modelli 3D è in grado di garantire un maggiore controllo sul lavoro, per quanto riguarda i costi e tempi di realizzazione e gestione dell'opera. Oltre alle funzionalità di correzione e verifica dei modelli, il programma di "clash detection" aiuta i tecnici del team di progettazione nella programmazione anticipata della fase di esecuzione dei lavori, stimando i costi e i benefici di ogni attività da svolgere [30].

01.2 - Obiettivi e strumenti

01.2.1 - Finalità della ricerca

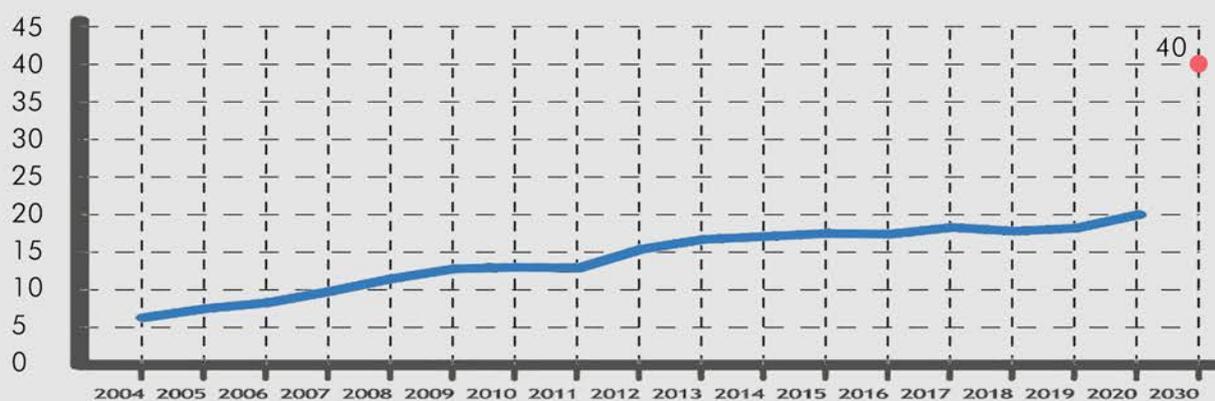
Partendo dai principi base descritti dall'agenda di sviluppo del Parametricismo, la presente ricerca si prepone di indagare gli aspetti all'interno dei quali è possibile agevolare e migliorare lo sviluppo di progetto attraverso l'applicazione di un approccio parametrico. La direzione verso la quale focalizzare l'attenzione della ricerca viene suggerita dall'ultimo rapporto ASviS, relativo all'anno 2021, all'interno del quale viene inquadrata l'odierna situazione italiana in relazione agli obiettivi preposti dall'Agenda 2030. In particolare, verranno analizzati solamente gli obiettivi che hanno dirette correlazioni con il settore dell'edilizia come, ad esempio, il Goal 7 relativo all'"Energia pulita e accessibile" e il Goal 13 per la "Lotta contro il cambiamento climatico". Dal report si evince come la recente pandemia mondiale abbia influito notevolmente su entrambi gli obiettivi, rendendo la lettura dei dati più complessa e articolata. Il periodo di lockdown e la relativa interruzione di buona parte delle attività produttive ha sicuramente giovato sia in termini di consumo elettrico che di emissioni di gas climalteranti, ma ha tuttavia generato dei dati che non rispecchiano realisticamente l'andamento effettivo che il paese sta percorrendo verso gli obiettivi preposti dall'Agenda. Come è possibile osservare dai grafici l'andamento dell'ultimo anno è nettamente migliorato rispetto ai precedenti, gli effetti della pandemia sono infatti osservabili con particolare chiarezza soprattutto nel grafico relativo al Target 7.3, relativo alla riduzione dei consumi finali lordi di energia, il report espone tuttavia una stima per la quale tale miglioramento non verrà confermato nel 2021,



Target 13.2 - Ridurre le emissioni di CO2 e di altri gas climalteranti del 55% entro il 2030 rispetto al 1990. (Unità di misura: tonnellate di CO2 equivalente pro-capite)



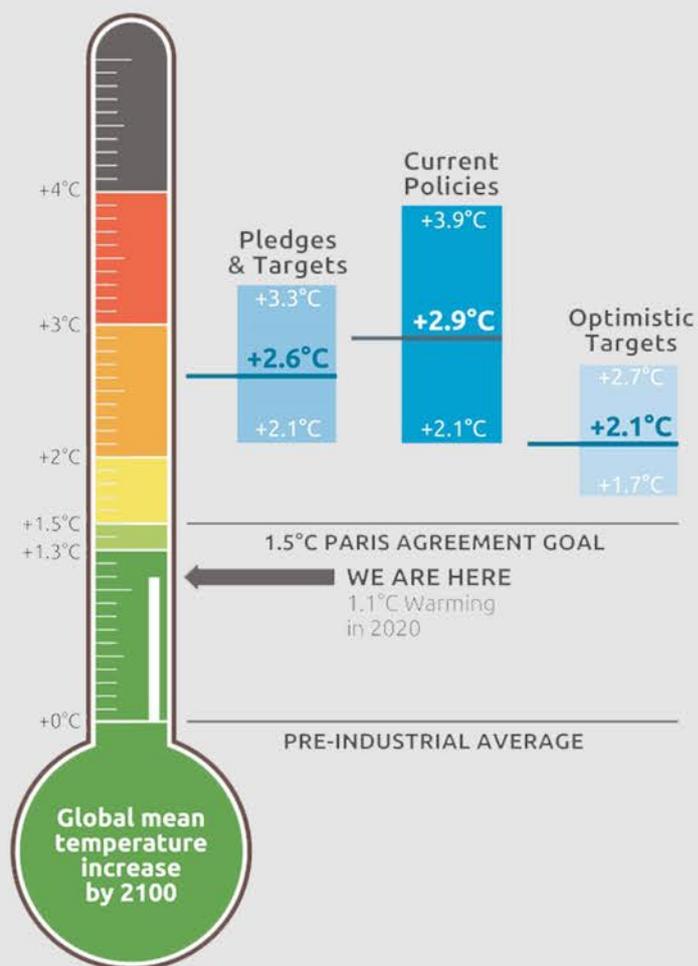
Target 7.3 - Ridurre del 14,4% i consumi finali lordi di energia entro il 2030 rispetto al 2019 (Unità di misura: milioni di TEP)



Target 7.2 - Raggiungere la quota del 40% di energia da fonti rinnovabili entro il 2030 (Unità di misura: %)

Fonti: Rapporto Alleanza italiana per lo Sviluppo Sostenibile 2021

prevedendo che i consumi di energia torneranno a livelli simili di quelli del 2019. All'interno del quadro generale risulta evidente la necessità del paese di prendere immediati provvedimenti nei campi relativi al sostentamento energetico da fonti rinnovabili e al consumo energetico generale, e in quelli inerenti alla riduzione delle emissioni di CO₂ e degli altri gas climalteranti se intende raggiungere gli obiettivi preposti dall'Agenda 2030 e dall'Accordo di Parigi. [31]



Paris Agreement turning point – Wave of net zero targets reduces warming estimate to 2.1 °C in 2100 – All eyes on 2030 targets, 2020.

All'interno di questo scenario, viene posto come obiettivo della ricerca quello di formulare alcune strategie parametriche in grado di sostenere la progettazione architettonica negli aspetti della sostenibilità energetica ed ambientale. Per avvalorare la credibilità della tesi viene identificato un caso studio sul quale applicare una progettazione sviluppata tramite un approccio parametrizzato negli aspetti relativi alla sostenibilità, che sia conforme ai diversi target esposti dalle direttive Europee. Per centrare maggiormente la moltitudine di tematiche esposte dall'Agenda 2030 la ricerca del caso studio ricadrà nel frangente del recupero edilizio destinato ad opere di riqualificazione urbana e di conservazione del patrimonio edilizio esistente. I consistenti cambiamenti del tessuto socio-economico nazionale, oltre che l'instabilità del mercato ed il costante prolungamento degli iter burocratici generati dal secondo dopo guerra, hanno notevolmente indebolito il patrimonio edilizio esternando una moltitudine crescente di edifici dimessi e di opere pubbliche iniziate e mai concluse. Nel 2018, in Italia, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha rilevato la presenza di circa 647 progetti pubblici rimasti incompiuti tra infrastrutture e altri servizi per la comunità come scuole, aree destinate ad attività ricreative o sportive, luoghi di accoglienza per anziani o giovani [32].

Attraverso una prima valutazione delle fasi che intercorrono all'interno della progettazione architettonica di un'opera viene evidenziato come la selezione dei materiali e della tecnologia sia di fondamentale importanza nell'ottica di riduzione del dispendio energetico e della produzione di esternalità negative per l'ambiente. Il presupposto diventa dunque quello di agevolare la possibilità di controllare gli aspetti relativi ai consumi energetici e delle emissioni di gas climalteranti a monte della

progettazione, in modo da garantire una maggiore consapevolezza sulle tematiche ambientali al progettista che si appresta a selezionare una tipologia di tecnologia piuttosto che un'altra. Il primo obiettivo che viene quindi preposto è quello di sviluppare una nuova metodologia capace di selezionare i pacchetti murari tenendo conto della differente valenza dei molteplici fattori di cui è assolutamente indispensabile tener conto per costruire in modo sostenibile: nello specifico l'energia incorporata, la CO2 emessa, i costi di costruzione e l'efficienza energetica hanno odiernamente un ruolo fondamentale nel raggiungimento di risultati di qualità nell'architettura. Attualmente il mercato relativo ai prodotti edili risulta incredibilmente vasto e le possibili combinazioni tra prodotti dalle diverse caratteristiche sono smisurate, per questa ragione verrà formulato un approccio parametrizzato per la gestione e l'interpolazione di queste grandi quantità di dati. Lo sviluppo di tali strumenti sarà indirizzato a semplificare la lettura e la gestione dei dati, oltre che permettere al progettista di operare in direzione delle linee guida esposte dai numerosi metodi multicriterio impiegati per la valutazione ambientale dei manufatti architettonici, come ad esempio il LEED o il Protocollo ITACA.



Categorie LEED per la certificazione ambientale.

Un altro aspetto già ampiamente approfondito dai più moderni studi di architettura in tutto il mondo, all'interno del quale la progettazione parametrica può giocare un ruolo di particolare rilevanza ed efficientamento, è quello relativo alla modellazione di alcune componenti del manufatto architettonico. L'odierna possibilità di condurre simulazione climatiche ed ambientali su di un modello tridimensionale inserito in un contesto conforme a quello relativo al sito di progetto, garantisce la possibilità di individuare le forme e le geometrie che maggiormente riescono ad assecondare l'ambiente all'interno delle quali vengono collocate. Progettare edifici che dialoghino in modo diretto con gli ambienti nei quali vengono collocati permette di influenzare positivamente gli aspetti relativi alle qualità termo-energetiche e di comfort ambientale degli spazi interni e dell'edificio stesso. Come ulteriore riprova delle potenzialità che la progettazione parametrica applicata all'architettura può garantire, si disporrà la modellazione parametrizzata di alcuni componenti del caso studio capaci di influenzare notevolmente sia gli aspetti relativi al comfort che alle prestazioni generali dell'edificio sulle tematiche della sostenibilità ambientale ed energetica.

01.2.2 - La progettazione parametrizzata

Entrando nel merito degli strumenti digitali che verranno utilizzati all'interno della ricerca, il software scelto per la raccolta dei dati, la modellazione tridimensionale del caso studio e del relativo progetto - oltre che la rappresentazione grafica, è **Autodesk Revit**: tale piattaforma è stata selezionata in quanto permette di accumulare ed organizzare le informazioni inerenti al progetto, gestire le diverse fasi in cui verrà suddiviso l'iter progettuale, elencare le quantità e le qualità relative agli elementi costruttivi, oltre che garantire la possibilità di apportare modifiche da diversi utenti simultaneamente. Quest'ultima caratteristica permette ai progettisti di esprimere considerazione in linea con lo stato di avanzamento del modello, nel quale ogni tavola di disegno, ogni abaco e vista che sia essa bidimensionale o tridimensionale, fanno riferimento a informazioni specifiche provenienti dalla stessa riproduzione virtuale dell'edificio [33]. Il nome stesso del software è una derivazione del termine "revisione", riferito al metodo di aggiornamento simultaneo di tutte le rappresentazioni digitali a seguito di una modifica interna al progetto, che siano esse sezioni, piante, prospetti, assonometrie, o abachi - oltre che il modello tridimensionale stesso, senza nessun altro tipo di intervento da parte dell'utente. Tale coordinamento avviene grazie al motore di modifica parametrica di Revit, dove l'associatività bidirezionale del software assicura la propagazione immediata nell'intero progetto di tutte le modifiche apportate alle relazioni tra gli oggetti, mantenendo costante coerenza nel modello. L'associatività bidirezionale risulta essere automatica e universale, gestita costantemente dal motore di modifica parametrica del software, o direttamente dall'utente. Grazie a

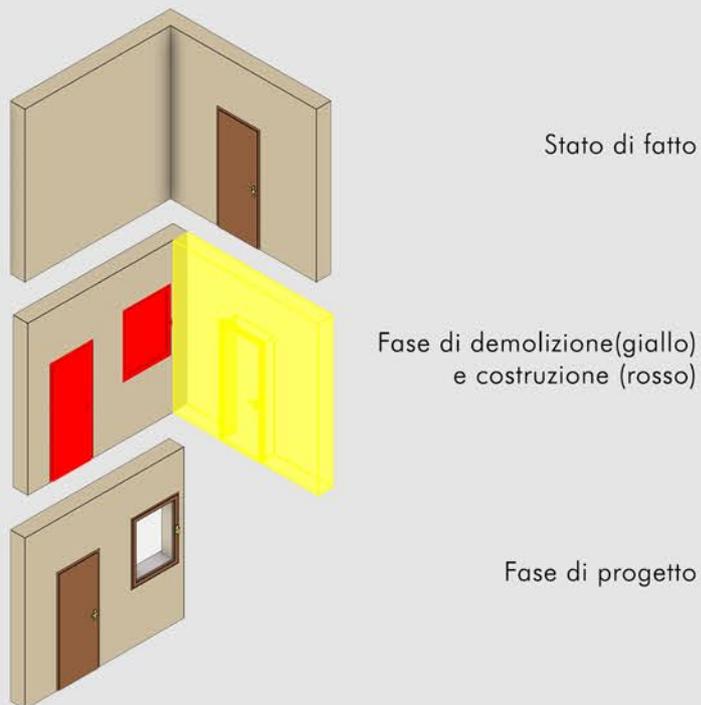
questa caratteristica essenziale, si possono generare in maniera immediata delle relazioni tra gli elementi del modello che permettono a questi ultimi di adattarsi alle eventuali modifiche apportate dall'utente. Per fare un esempio pratico, se viene stabilita una connessione tra un elemento "muro" e un elemento "copertura", ogni modifica relativa a uno dei due elementi, che sia essa relativa alla posizione, alle dimensioni o alla tipologia, comporterà un adattamento automatico dell'altro elemento per rispettare il vincolo di "associatività" tra i due oggetti.

Grazie ad un'interfaccia articolata ma intuitiva, il software permette di modificare le proprietà di un qualsiasi elemento, che sia esso un oggetto tridimensionale, una quota, un piano di sezione ecc. semplicemente selezionandolo e modificandone i parametri, aggiornando in tempo reale tutto il resto del modello e delle viste impostate all'interno delle quali figure la modifica attuata. Gli abachi integrati rappresentano un'ulteriore modalità di visualizzazione del modello, esempio di come un motore computativo modificabile parametricamente può fornire risultati reali nei progetti. Gli abachi fungono da elenchi descrittivi di ogni oggetto facente parte del modello e attraverso essi è possibile tener conto di ogni caratteristica fisica e geometrica che descriva gli elementi che compongono l'opera, in ogni fase della progettazione [34]. Questa particolarità del software permette di gestire grandissime quantità di dati e di tramandarle nel tempo, nel caso in cui attori esterni debbano rimettere mano al progetto anche anni dopo la conclusione dei lavori, gestendo e quantificando tutti gli elementi, in ottica di comparazione tra le diverse fasi del progetto. A livello compositivo ogni elemento generato in Revit fa parte di una "famiglia", ovvero di un gruppo di elementi con proprietà parametriche

comuni ed una rappresentazione grafica 2D e 3D associata. Ogni istanza parametrica di questi elementi viene controllata e definita tramite la famiglia degli oggetti. Gli elementi sono stati concepiti per essere modificabili direttamente dall'utente, in questo modo è possibile definire nuovi elementi parametrici con dimensioni e forme diverse da quelle standard messe a disposizione da Revit. Le famiglie sono suddivise in tre categorie distinte: le famiglie "di sistema" vengono utilizzate prevalentemente per comporre tutti gli elementi base di un edificio e possono essere riutilizzate in progetti diversi; le famiglie "caricabili" sono contenute in librerie esterne alla memoria del programma, reperibili in rete con formato ".rfa", esse permettono di caratterizzare maggiormente il progetto, inserendo elementi definiti e personalizzati da altri utenti; le famiglie "locali" infine sono elementi unici ed esclusivi, creati nel contesto di un modello e che non verranno più utilizzati in altri progetti, come ad esempio la modellazione di masse locali e specifiche forme provenienti da estrusioni. Le famiglie "caricabili" e "locali" hanno in comune un ambiente di creazione e modifica simile ed esterno al modello del progetto [35], dove sono presenti alcuni comandi di composizione geometrica differenti dalla classica interfaccia del software.

Un'altra funzionalità indispensabile nell'utilizzo del programma è la definizione delle "fasi di progetto" (stato di fatto, demolizione, ricostruzione e stato di progetto). Tali funzioni vengono gestite da Revit all'interno di un unico modello, identificando lo stato del fabbricato nei vari periodi temporali del lavoro. Attraverso i filtri di fase delle viste, è possibile assegnare ad ogni elemento creato la fase a cui appartiene, mantenendo sempre la traccia di un elemento esistente, demolito, o ex-novo nelle rappresentazioni. Diviene inoltre piuttosto agevole il confronto tra le diverse fasi in quanto

è possibile impostare le stesse rappresentazioni (pianche, prospetti, assonometrie), in fasi progettuali diverse, confrontando tra loro le operazioni e le modifiche apportate alla struttura. L'evoluzione delle molteplici funzionalità incluse nel software, ha portato all'organizzazione di diverse sezioni di lavoro: quella principalmente utilizzata e precedentemente descritta, ai fini della composizione del modello geometrico, viene identificata come "Revit Architecture" incentrata sulla progettazione concettuale, raccolta di documentazioni relative alla costruzione ed analisi delle prestazioni dell'edificio. Diffusamente utilizzata per le opere di ingegneria strutturale è la sezione di "Revit Structure", impiegata nella valutazione della conformità alle normative esistenti in ambito strutturale e di sicurezza. Infine, con "Revit MEP" viene indicato il lavoro di analisi e la progettazione di elementi più specifici dell'edificio, come ad esempio gli impianti.



Le fasi di progetto in ambiente BIM.

01.2.3 - LCA e fattori ambientali

Le tematiche relative al Life Cycle Assessment (LCA) sono dibattute da molti anni e stanno ottenendo sempre più attenzioni, specialmente a seguito dell'aggiornamento delle direttive Europee sulle esternalità ambientali nell'edilizia, queste mirano infatti ad agevolare lo sviluppo di sistemi circolari e sostenibili nel ciclo vita dei materiali. Due fattori fondamentali nella descrizione delle fasi iniziali e finali di questi processi sono: l'Embodied Energy (EE), che integra al suo interno la quantità di energia impiegata per l'estrazione, la produzione ed il trasporto dei materiali utilizzati all'interno di un progetto [36]; e l'Embodied Carbon (EC), anche conosciuto come Carbon Footprint, indica la quantità di CO₂ che viene emessa nelle fasi di estrazione, produzione, trasporto e dismissione dei materiali [37].



Agrilink, Life Cycle Assessment factors, 2013.

Ad oggi i meccanismi di calcolo dell'LCA sono tuttavia ancora impiegati a scopo valutativo per la verifica a posteriori nelle opere o come metodo di analisi dell'impatto ambientale dei prodotti orientate tuttavia ai processi di ottimizzazione delle industrie. Per concretizzare in modo effettivo la riduzione dell'impatto che il settore edile ha sull'ambiente sarebbe necessario utilizzare questo tipo di valutazione come strumento di progettazione e non di verifica. La ricerca si sta mobilitando verso

un'integrazione sempre più agevolata di queste complesse valutazioni in fase di progettazione, una metodologia che possa riuscire a gestire delle computazioni simili è quella attuabile attraverso strumenti di visual editing. Garantire la possibilità di confrontare, in un'ottica ambientale, le diverse alternative già nelle prime fasi di progettazione porterebbe ad una maggiore adozione di queste metodologie tra i progettisti ed una relativa riduzione delle emissioni climalteranti e dei consumi energetici. Negli ultimi anni notevoli ditte produttrici di software stanno cooperando per riuscire ad integrare questo processo direttamente all'interno delle prime fasi dell'iter progettuale, purtroppo nell'operare questa integrazione emergono notevoli problemi relativi alla trasparenza e legittimità dei dati [38].

L'applicazione di questo processo attraverso metodologie parametrizzate e basate sul visual editing rende invece possibile usufruire di dati i cui metodi di valutazione sono stati confermati dalla comunità scientifica e da valutazioni ambientali riconosciute (EPD) che ne assicurano l'affidabilità. Al momento, escludendo BOMBYX, un plug-in che sta venendo sviluppato da oltre due anni e che mira esattamente a semplificare le modalità di analisi LCA su piattaforme di Visual Programming Language (VPL) [39], non sono ancora disponibili particolari pacchetti aggiuntivi con i quali poter supportare il lavoro che verrà svolto all'interno della ricerca. Per Autodesk Revit sono già presenti alcuni plug-in che tentano di integrare gli aspetti LCA all'interno del software di progettazione come ad esempio One Click LCA che evidenzia però alcune criticità sia a livello di gestione dell'interfaccia e dell'interoperabilità tra software, che a livello di database e trasparenza dei dati che lo compongono.

01.2.4 - Il visual programming language

Viene considerata “progettazione” l’insieme di mezzi, azioni e strategie atte alla definizione di un manufatto, di un elemento o di un sistema che integri al suo interno il rispetto di considerazioni, linee guida e regole prefissate di diversa natura. A seconda della complessità del target di progetto vi è la possibilità di scomporre l’elemento in componenti semplificate da definire singolarmente per poi riconnetterle nelle fasi finali della progettazione. Per “parametro” si intende una grandezza variabile di riferimento adoperata come criterio di valutazione per una funzione complessa. La “progettazione parametrica” si discosta dalla metodologia tradizionale sin dal principio, essa mira infatti allo studio e alla descrizione delle regole e delle relazioni che intercorrono tra le diverse componenti del progetto e non alla diretta definizione degli elementi che lo compongono. Attraverso la progettazione parametrica non si provvede dunque a restituire una soluzione al problema quanto più uno strumento con il quale raggiungere un obiettivo attraverso una determinata metodologia [40].

Si prenda un esempio atto a chiarificare ogni dubbio: la progettazione di una **sedia**. In entrambe le metodologie verranno preposte alla progettazione una serie di studi geometrici, storici, compositivi e ambientali relativi all’elemento in questione. Secondo il metodo tradizionale, a seguito delle analisi preliminari, verranno esplicitate alcune considerazioni che guideranno i meccanismi decisionali di definizione della geometria, dei materiali, del montaggio e di tutti gli aspetti formali e logistici relativi alla sedia. Attraverso una serie di prototipi generati dall’accostamento di uno o più concetti fondanti - estrapolati dalla ricerca contestuale, si raggiungerà, ad un certo punto,

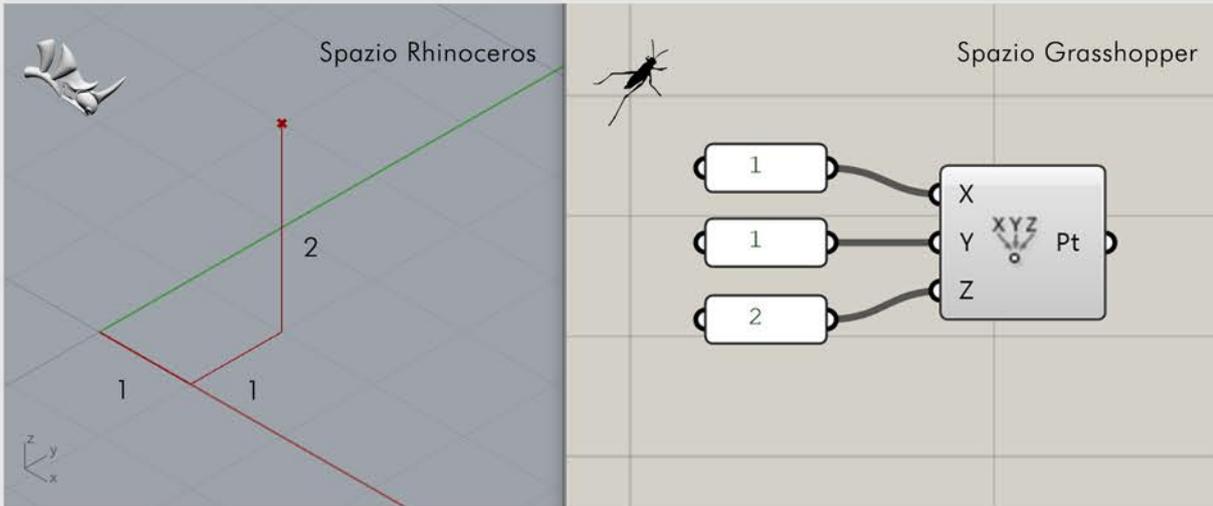
modo i requisiti preposti e le osservazioni di cui si è tenuto in considerazione nello sviluppo della sedia. Secondo il metodo parametrico si andranno ad analizzare tutte le variabili che compongono la sedia - come la superficie della seduta, le dimensioni e la posizione dello schienale, il numero e l'altezza delle gambe, il materiale o i materiali di cui verrà composta, i costi per i materiali ed il montaggio, le eventuali rifiniture e così via. All'interno di questa fase diviene di fondamentale importanza per il progettista selezionare sia le variabili da tenere in considerazione che quelle da escludere nella definizione del progetto. Allo stesso modo si procederà con la definizione di quali relazioni tra variabili identificare e in che modo descriverle, in questa fase è possibile intercorrere in diversi gradi di approfondimento che sono a diretta discrezione del progettista che valuterà quanto e in che modo approfondire la modellazione dell'oggetto in questione. L'analisi delle variabili e delle relazioni che intercorrono tra di esse porterà ad un numero di risultati che crescerà esponenzialmente in base al numero dei parametri e delle relazioni selezionate. Ultimo, fondamentale compito del progettista sarà quello di trovare la soluzione più adatta alla progettazione della sedia tra le moltissime raccolte una volta concluso l'iter progettuale. La raccolta dei parametri, la definizione delle relazioni che intercorrono tra di essi, oltre che i meccanismi decisionali di selezione dei risultati danno vita ad un "algoritmo", ossia un procedimento ordinato di istruzioni elementari che portano al raggiungimento di un risultato atteso.

La già particolarmente ampia interdisciplinarietà a cui un architetto si deve avvicinare portò a formulare alcune semplificazioni nell'utilizzo degli strumenti destinati alla progettazione algoritmica. La scrittura in codice appartiene infatti alla branca dell'ingegneria informatica,

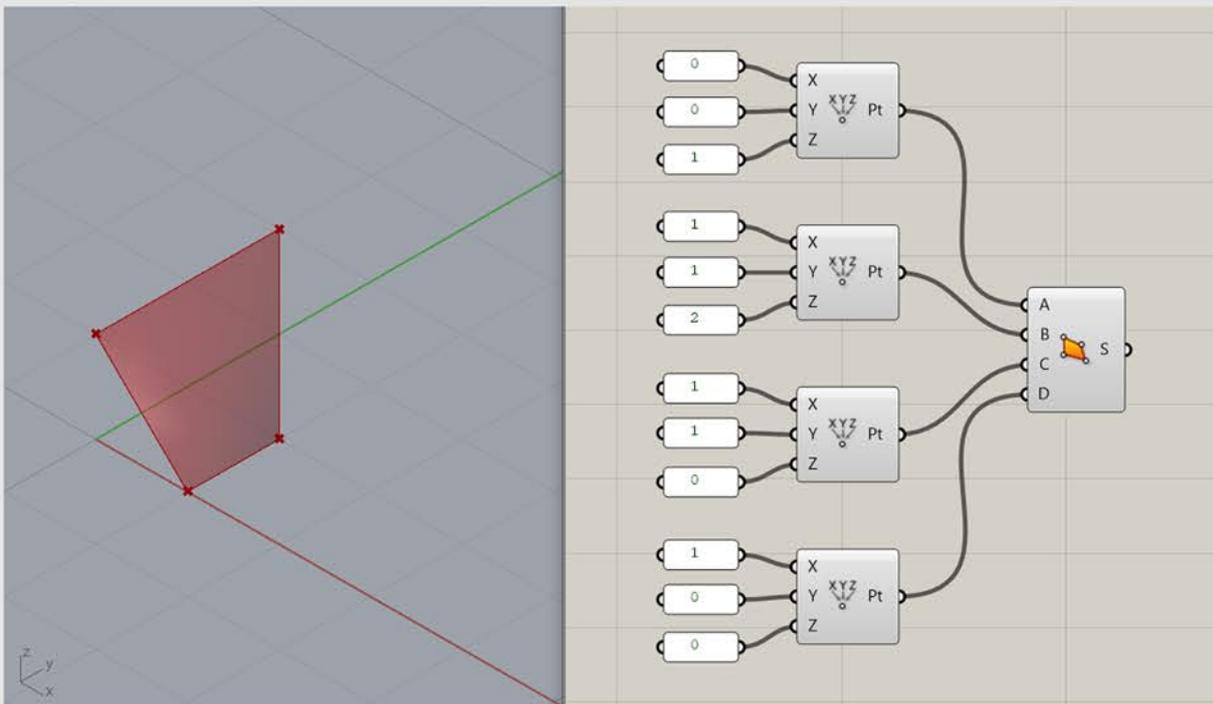
per padroneggiare abilmente tali metodi di programmazione occorrerebbe una notevole preparazione per riuscire a gestire la complessità derivante dalla produzione di algoritmi destinati alle tematiche relative all'architettura. Per agevolare la possibilità di impiegare tali strumenti per i comuni progettisti nacque dunque la programmazione visuale, o "visual editing", questa metodologia permette all'utente di formulare algoritmi con le stesse potenzialità dei simili scritti in codice, ma attraverso un'interfaccia grafica semplificata ed un impiego intuitivo dei software che supportare tale tipologia di progettazione. **Grasshopper** nasce durante l'implementazione di alcune funzionalità relative alla gestione dei processi in background nella quarta versione di Rhinoceros [41]. La modalità attraverso la quale si giunse alla risoluzione di alcuni aspetti della programmazione venne ritenuto così performante e potenziale che nel 2007 questo venne sviluppato come plug-in a sé stante all'interno della piattaforma di modellazione tridimensionale. La programmazione visuale all'interno del software avviene tramite la connessione di numerose tipologie di parametri ed elementi dalle diverse funzioni, dotati di input e output. I diversi elementi, denominati "componenti", svolgono funzioni e calcoli di diversa entità acquisendo dati tramite gli input – ai quali si può attribuire qualsiasi tipologia di informazione, sia di tipo geometrico, e quindi spesso connesso direttamente alla piattaforma Rhinoceros, sia di tipo quantitativo o algebrico; e le combinano svolgendo operazioni i cui risultati vengono disposti nei diversi output che possono a loro volta essere utilizzati per ulteriori macchinazioni. Un algoritmo è infatti composto da una serie di passaggi semplici e ordinati che portano ad una calcolazione più complessa e articolata. Grasshopper è un software di visual editing molto dibattuto e facilmente accessibile a chiunque, è infatti possibile implementare al



Le componenti "Costruisci punto" e "Linea" in Grasshopper.



Definizione di un punto di coordinate (1,1,2) in VPL (Visual Programming Language).



Definizione di una superficie tramite quattro punti in VPL.

al suo interno funzioni sviluppate esternamente ai produttori della piattaforma sotto forma di plug-in aggiuntivi con i quali “potenziare” il software e permettergli di fare tipologie di calcolo più complesse o specifiche. Il software è stato largamente impiegato negli ambiti ingegneristici, architettonici, di design del prodotto e molto altro, la libreria di componenti aggiuntivi è infatti particolarmente ricca e permette di aumentare notevolmente le potenzialità del programma [42].

Nella produzione degli algoritmi che verranno impiegati nel progetto verranno utilizzati diversi **plug-in** aggiuntivi alla versione base di Grasshopper, indirizzati prevalentemente agli ambiti architettonici: Lunchbox, sviluppato da Nathan Miller, è un plug-in dotato di diverse potenzialità aggiuntive tra le quali: il networking con altri software, permettendo così di estrapolare dati da fogli di calcolo facilmente editabili come, ad esempio quelli di Excel; e strumenti di “clustering”, attraverso i quali vengono semplificate le operazioni di discretizzazione di superfici complesse [43]; Honeybee e Ladybug, realizzati da Mostapha Sadeghipour Roudsari e Chris Mackey, forniscono motori di calcolo per le simulazioni climatiche e ambientali che permettono il controllo di notevoli fattori come la quantità di radiazione incidente diretta su una superficie, il fattore di ombreggiamento di un ambiente, il numero di ore in cui il sole garantisce l’illuminazione in un determinato ambiente ecc. [44]; Pufferfish, sviluppato da “ekymroyrp”, permette l’impiego di numerose componenti aggiuntive utili all’adempimento di moltissimi obiettivi, all’interno della ricerca, ne verranno impiegate solo alcune per la semplificazione di calcolazioni algebriche base [45]; PanelingTools, realizzato da Rajaa Issa, è un plug-in utile alla generazione ordinata di griglie di punti, linee o di qualsivoglia figurazione

geometrica. Presenta inoltre numerose funzionalità aggiuntive che riuniscono al loro interno più componenti base del programma, rendendo così la strutturazione degli algoritmi più snella ed efficiente [46].



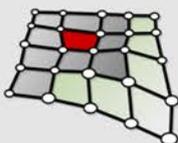
Pufferfish di "ekymroyrp"



Honeybee di M. Sadeghipour ousari e C. Mackey.



Ladybug di M. Sadeghipour ousari e C. Mackey.



PanelingTools di Rajaa Issa

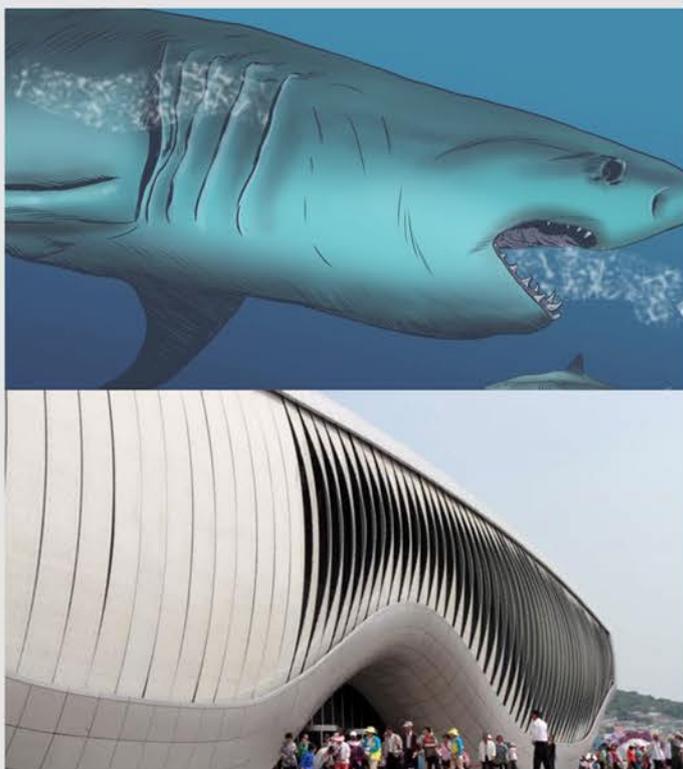


Lunchbox di Nathan Miller

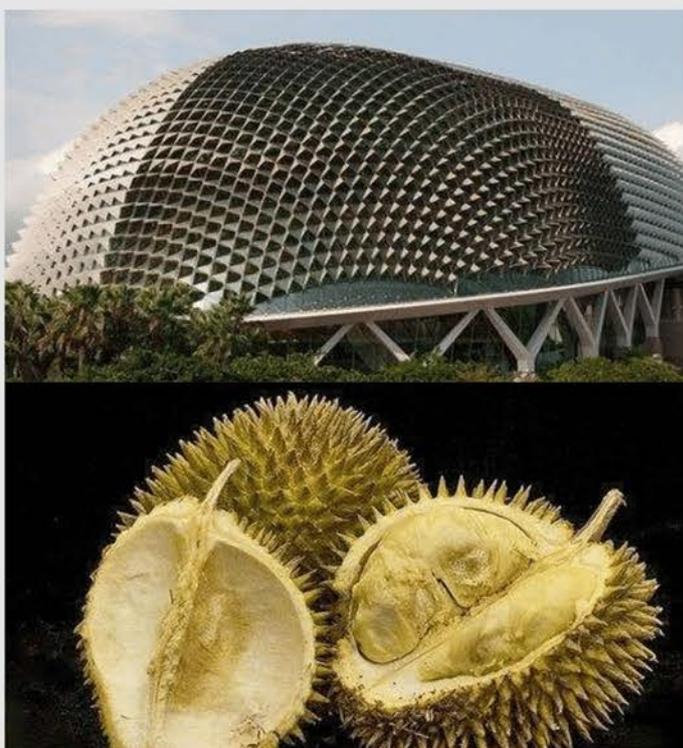
01.2.5 - Algoritmi generativi

Come già esplicitato in precedenza la progettazione in ambiente VPL può essere particolarmente complessa ed aperta a numerose interpretazioni diverse tra loro. Tra gli approcci con i quali iniziare a programmare gli algoritmi più funzionali ed efficienti vi è quello generativo. La programmazione generativa permette al software di elaborare numerose soluzioni ad un determinato problema per poi permettere all'utente di scegliere la o le soluzioni migliori, garantendo un accurato controllo dei risultati in uscita per ciascuna delle ipotesi. I calcolatori evolutivi svolgono complesse operazioni indirizzate in una determinata modalità di calcolo generando molteplici soluzioni verso ogni direzione. Un approccio geometricamente simile è quello mostrato nei frattali e nella loro capacità di imitare alcuni aspetti propri della natura, allo stesso modo la progettazione generativa applica al design le metodologie evolutive stesse della **natura** [47]. Proprio come accade nella crescita di una pianta, da quando il seme inizia a germogliare e trova via via la strada più efficiente per svilupparsi e sostentarsi, il design generativo individua filoni generali verso i quali indirizzarsi e ne estrapola le migliori soluzioni.

I campi di applicazione di questo strumento sono potenzialmente infiniti. Ad oggi sono numerose aziende che impiegano questo tipo di metodologia nello sviluppo dei loro prodotti e nella ricerca verso innovazione sempre più ottimizzate. Ne è un esempio la New Balance - azienda produttrice di calzature, che nel 2017, tramite una collaborazione con Formlabs - famosa ditta produttrice di stampanti 3D, ha brevettato una resina fotopolimerica modellata parametricamente con la quale è riuscita a produrre delle soles con una resistenza alla lacerazione cinque volte superiore, un carico a



SOMA Lima, One Ocean Pavilion a Yeosu, 2012.



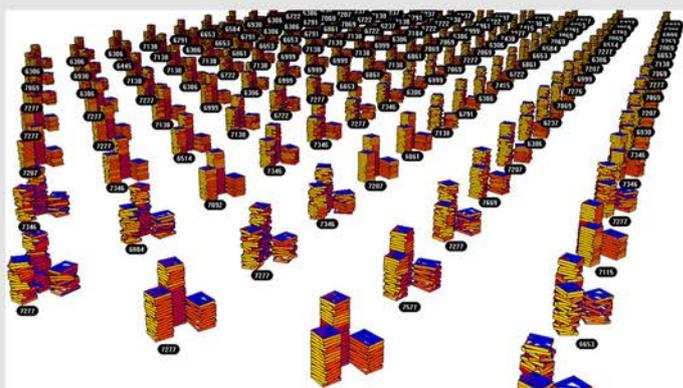
DP Architects and Michael Wilford & Partners, Esplanade Theatres on the Bay, 2013 (e un frutto durian).

rottura triplicato e un raddoppio dell'allungamento massimo possibile rispetto ai prodotti tradizionali [48]. Uno dei pionieri di questo particolare tipo di progettazione applicata all'architettura è Celestino Soddu, dal 1987 porta avanti la ricerca o lo sviluppo pratico e teorico della progettazione parametrica generativa. Tramite numerosissime sperimentazioni - tra cui codici in grado di generare infiniti modelli tridimensionali rappresentanti dagli oggetti di uso comune, a specifiche tipologie di manufatti architettonici fino a intere città, ha mostrato le enormi potenzialità che l'approccio generativo può apportare all'architettura.

In ambiente VPL esistono numerosi strumenti destinati all'ottimizzazione a fattori singoli o multipli orientati verso la progettazione di algoritmi generativi. Ai fini della ricerca ne verranno impiegati due: **Wallacei X**, un calcolatore evolutivo multi-fattore a cui vengono associati dei target da ottimizzare e dei parametri liberi con i quali comporre migliaia di combinazioni al fine di ottimizzare i target preimpostati. In particolare, questo plug-in permette una visualizzazione completa di tutti i big data accumulati durante le fasi di calcolo e garantisce all'utente molteplici metodologie di selezione dei risultati [49]. **Galapagos**, un calcolatore evolutivo che permette l'efficientamento di un singolo fattore tramite l'esecuzione di numerose combinazioni di calcolo basate sulle variabili che vengono disposte ai fini dell'ottimizzazione. Sebbene sia di più facile utilizzo, la selezione e la visualizzazione dei risultati risulta però piuttosto limitata. Originariamente nasce come plug-in addizionale, in seguito è stato integrato nella versione base di Grasshopper.



Celestino Soddu, Variazioni generative di città medievali, 1988.



Mario Cucinella Architects, Variazione automatizzata della forma per massimizzare l'esposizione solare delle torri per l'Expo Village Cascina Merlata, 2013.

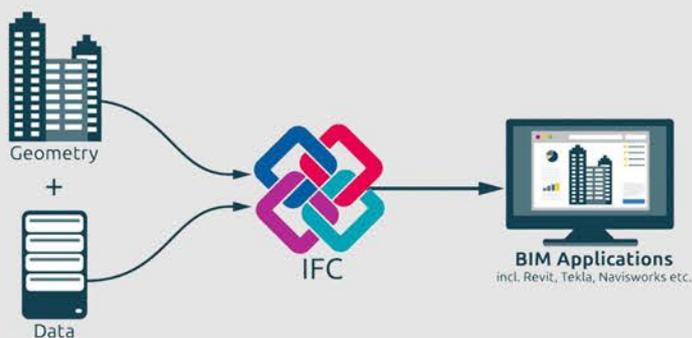
01.2.6 - Interoperabilità tra software

Al fine di importare un modello generato da un programma all'interno di un altro software, risulta indispensabile che la geometria interessata non perda le caratteristiche rappresentative e le informazioni contenute al suo interno durante l'operazione di passaggio. Il metodo comunemente utilizzato per spostare un elemento da una piattaforma all'altra è tramite esportazione, anche se tale procedura presenta varie limitazioni in termini di perdita dei dati. In particolar modo, la comunicazione tra Revit e il programma di modellazione 3D Rhinoceros, risulta particolarmente complesso e macchinoso. Il passaggio di un oggetto geometrico tra i due software è genericamente gestito mediante plug-in di interoperabilità dedicati come, ad esempio, "VisualARQ". Attraverso tali componenti aggiuntivi l'esportazione delle identità viene eseguita mediante conversione in formato IFC. La geometria creata in Rhino (curve, superfici, poli-superfici, o mesh) viene esportata come "ifcProxy" e riconosciuta in Revit come "modello generico". Attraverso tale trasferimento, i file IFC archiviano qualsiasi informazione integrata negli oggetti provenienti dal software di modellazione, come ad esempio volume, altezza, area - oltre ai vari parametri personalizzabili, e li importano nella piattaforma BIM. Una volta caricati in ambiente Revit, le informazioni vengono riconosciute come oggetti nativi del programma Autodesk, o modelli generici a seconda del loro tipo di classificazione all'interno dei plug-in di interoperabilità. In particolar modo possono essere memorizzati come: oggetti standard, ovvero oggetti parametrici nativi in Revit e quindi modificabili tramite l'editing del programma; oppure come oggetti geometrici, ovvero geometrie senza possibilità di modifica perché classificati come elementi esterni [50]. Lo

svantaggio principale di tale metodo di scambio dati riguarda la possibilità di controllare e gestire l'oggetto a seguito dell'importazione e nelle tempistiche relative alla necessità di inserire nuovamente l'elemento a seguito di ogni modifica che si voglia compiere. In altri termini, ogni qual volta si effettua una modifica dell'elemento, è necessario ripartire dal programma base con cui esso è stato generato e ripetere le operazioni di passaggio tra i software. Un'altra criticità è evidente nella fase di importazione degli oggetti in quanto questi, una volta entrati in spazio BIM, seppure liberi di subire modifiche base, presentano limitazioni nella completa gestione parametrica della geometria, non essendo più controllati dalle proprietà del programma di creazione originario.

Questa specifica criticità nella conversione dei file ha portato ad una revisione generale del software della McNeel & Associates che, a seguito dell'ultimo aggiornamento presente in "Rhino 7", ha notevolmente ottimizzato il programma in questa direzione, semplificando i meccanismi di integrazione con altri strumenti di modellazione e limitando notevolmente la necessità di ricorrere a continue esportazioni del modello. All'interno dell'ultimo aggiornamento è stato infatti introdotto il plug-in "**Rhino.Inside**" attraverso il quale è possibile usufruire delle potenzialità di Rhino – e conseguentemente Grasshopper, all'interno dell'ambiente Autodesk Revit. Rhino.Inside Revit consente di caricare Rhino 7 all'interno della memoria di Revit, come se fosse un comune componente aggiuntivo, mettendo in comunicazione la modellazione "free-form" di Rhino con la gestione parametrica di Revit [51]. L'innovativa caratteristica presentata da tale processo è proprio quella di colmare la principale debolezza del programma Autodesk, ovvero la limitata possibilità di realizzare e gestire forme

curvilinee e/o complesse. Diviene infatti possibile mettere in collegamento diretto Grasshopper con Revit, introducendo una componente di scripting nel sistema di Revit e alle due API (Application Programming Interfaces) del software, accrescendo notevolmente le sue potenzialità [52]. Grazie a questa metodologia si possono plasmare le geometrie di un elemento elaborato in Revit secondo i principi di Grasshopper e visualizzare istantaneamente i risultati nell'interfaccia di disegno del prodotto Autodesk. All'interno dell'interfaccia grafica di Grasshopper vengono stilati una serie di innovativi componenti sia per la ricezione di dati diretta da Revit che per la gestione dell'interoperabilità in fase di esportazione che, grazie alla nuova versione migliorata di Rhino, avviene praticamente in tempo reale.



Schema di interoperabilità antecedente al plug-in Rhino.inside.

01.3 - Il caso studio

01.3.1 - Il territorio

Roma, capoluogo del Lazio e capitale d'Italia, sorge nell'area centrale della penisola nei pressi del litorale laziale e il relativo sbocco sul Mar Tirreno. Con i suoi tre milioni di abitanti circa è al tredicesimo posto per popolazione tra le città europee [53]. E' inoltre una delle capitali europee più vaste con i suoi 1'287kmq di estensione superficiale, è stata necessariamente suddivisa in 15 municipi, divisi a loro volta in 155 zone urbanistiche. Il patrimonio culturale di Roma dimostra la profondità delle radici storiche all'interno della quale è cresciuta la città stessa. Oltre all'intera area che ospita Città del Vaticano e 14 delle loro proprietà extraterritori su Roma, l'intero centro storico della città è stato dichiarato patrimonio UNESCO nel 1980 (circa 1'470 ettari) [54].

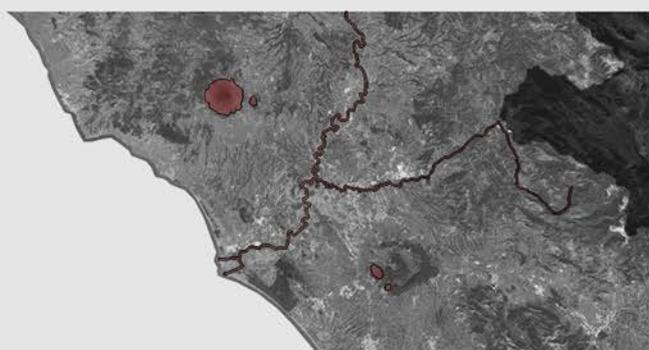
Il **territorio** è ricco di una moltitudine di paesaggi naturali e caratteristiche ambientali interessanti tra cui è possibile individuare:

- Gli storici sette colli interni alla città: l'Aventino, il Campidoglio, il Celio, l'Esquilino, il Palatino, il Quirinale ed il Viminale, altre elevazioni notevoli del terreno sono inoltre presenti nelle aree del Pincio, del Gianicolo e del Vaticano, altre di natura artificiale sono identificate nel Monte Testaccio e nel Monte Giordano;

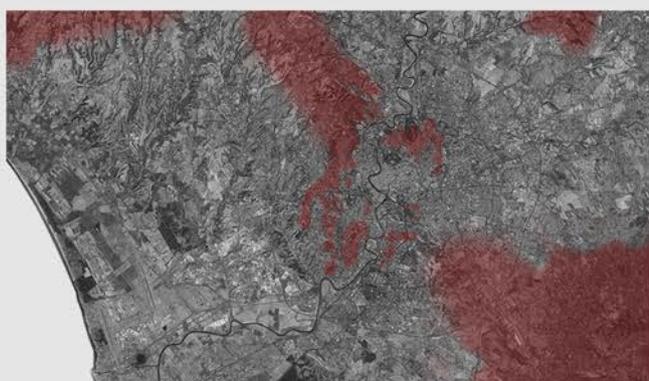
- Il fiume Tevere, la cui sorgente è situata sul Monte Fumaiolo in Toscana; è il terzo fiume italiano per lunghezza (circa 405km) e secondo per ampiezza del bacino idrografico, attraversa la città definendosi all'occasione come confine naturale tra i quartieri di Roma. Termina il suo corso ad Ostia, sfociando nel mar Tirreno, con un delta a due bracci;



L'estensione superficiale di Roma rispetto al Lazio e il centro Italia.



L'idrografia di Roma con i laghi di Bracciano, Martignano, Albano e Nemi ed i fiumi Tevere e Aniene.



L'orografia di Roma e le sue principali elevazioni montane.

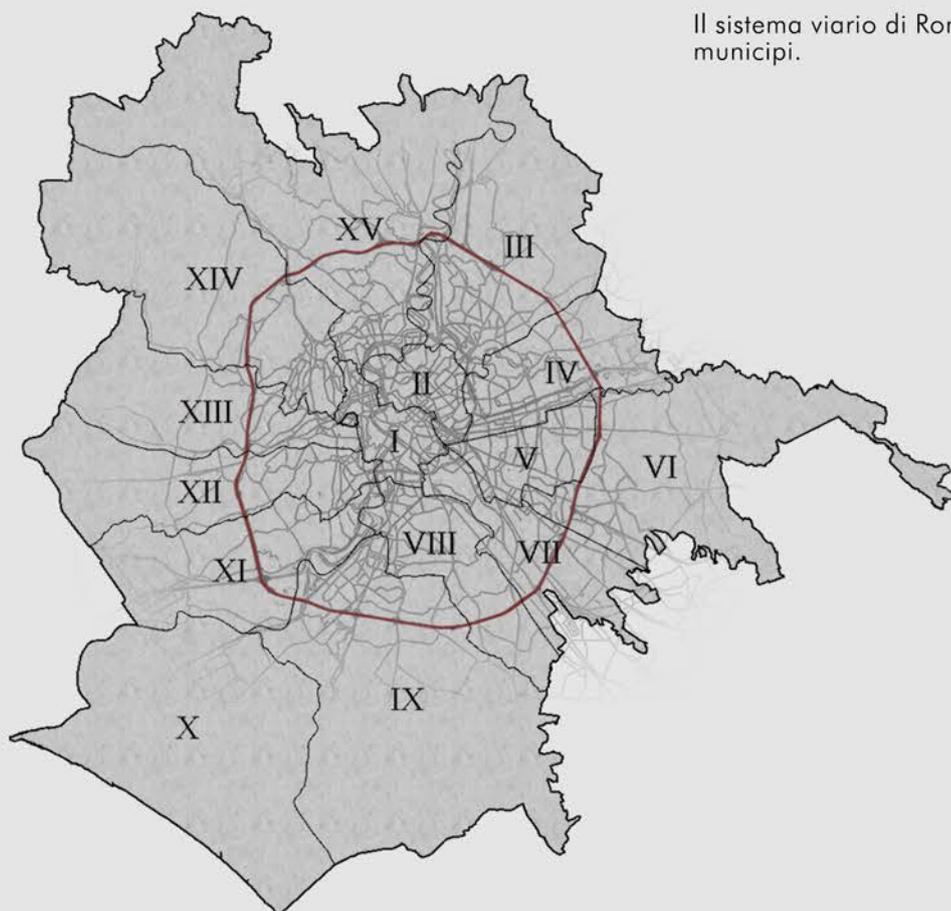
Fonte: Google maps

- Il fiume Aniene, affluisce del Tevere nell'area relativa a Roma Nord-Est;
- I laghi di Bracciano e Martignano, a Nord Ovest da Roma, di poco al di fuori della città.
- Il fiume Almone, terzo affluente del Tevere, incontrava il corso principale nell'area centrale di Roma, ad oggi appare tombato.

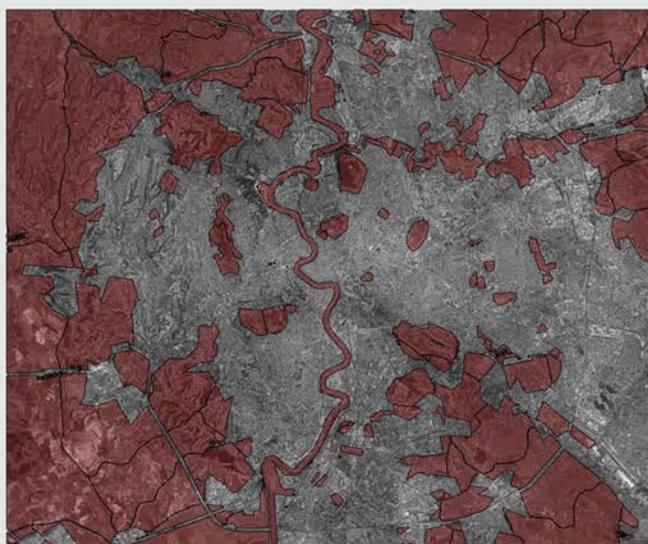
Una delle maggiori opere che l'antico impero romano ha lasciato in eredità alla città moderna è il complesso sistema di **infrastrutture** viarie che servono la città: queste si diramano a raggiera in ogni direzione superando talvolta anche i confini italiani, tra i principali tracciati stradali ci sono: Via Aurelia, Via Clodia, Via Cassia, via Flaminia, via Salaria, via Tiburtina, via Latina, via Appia, via Popilia. La città è inoltre circondata da un anello viario denominato Grande Raccordo Anulare (GRA). Il sistema viario si articola in diramazioni gerarchizzate in modo da adattarsi al territorio dalle diverse connotazioni all'interno del quale si instaura la città. Le strade storiche e le arterie principali collegano i centri urbani, da queste si estendono le diramazioni secondarie che definiscono la forma e le dimensioni dei lotti, raggiungibili dalle strade terziarie. Lo stesso sistema viario, così come il tessuto urbano, si adatta al territorio che trova generando una griglia poco regolare e dispersiva [55].

La **rete ecologica** di Roma è uno dei capisaldi relativi ai meccanismi decisionali con i quali viene redatto e pianificato il PRG della capitale. Questa rete è fondamentale per definire la continuità e la connessione tra le aree verdi interne la città con le zone naturali e/o agricole periurbane, per tutelare e valorizzare le risorse naturali. Il sistema ecologico è basato essenzialmente sulla disposizione di diversi polmoni verdi quali parchi e ville pubbliche interlacciati da una rete di connessioni verdi bidimensionali [56].

Il sistema viario di Roma e la sua divisione in municipi.



Il sistema di polmoni verdi della rete ecologica romana.



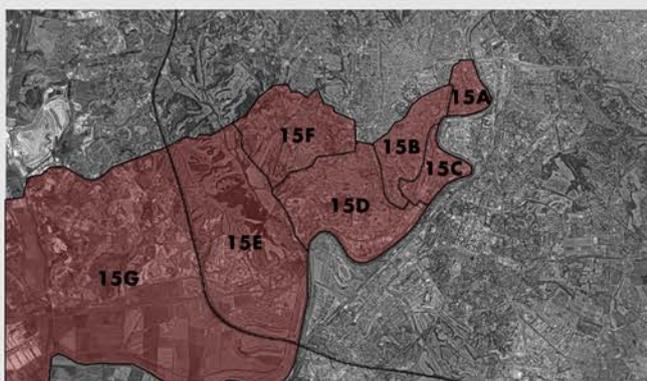
Fonti: Google maps, Comune di Roma

Il **municipio XI** sorge nell'area Sud-Ovest di Roma, è racchiuso tra via Portuense, via della Pisana ed il Tevere. Si sviluppa lungo un ampio territorio di oltre 71kmq, definito dunque uno dei municipi di "media grandezza" della Capitale. E' inoltre caratterizzato da un modesto patrimonio culturale e storico che lo contraddistingue. Storicamente il territorio compreso all'interno dei limiti del municipio XI è da sempre stato impiegato per collegare la città con il mare e l'area a Sud di Roma: questi collegamenti, la via Campana - attuale via della Magliana, e la via Portuense, sono stati realizzati dall'imperatore Claudio come collegamento per il nuovo porto da lui fondato sul litorale laziale tra il 41 ed il 54 d.C. I tratti stradali sono stati chiaramente modernizzati rispetto a duemila anni fa ma la funzione che svolgevano è rimasta la stessa: i due collegamenti fluviali sono infatti ancora oggi degli elementi fondamentali all'interno della mobilità riservata al raggiungimento del mare e di alcuni importanti centralità commerciali dislocate rispetto al centro geografico della città [57]. La popolazione ammonta a circa 156'000 abitanti che sono però spartiti in modo ambivalente all'interno del municipio: vi sono infatti alcune zone a bassa densità che integrano grandi superfici completamente inutilizzate, e zone più centrali dalla altissima densità abitativa [58]. Tra i principali monumenti che avvalorano il patrimonio culturale vi sono:

- La Chiesa medievale di Santa Passera, lungo via della Magliana;
- Le Catacombe di Generosa, all'interno di Magliana Vecchia, risalenti al IV sec. d.C.;
- Il Castello della Magliana, residenza papale del periodo rinascimentale.
- Il Forte Portuense, costruito subito dopo l'Unità d'Italia, faceva parte dei forti costruiti a difesa di Roma [59].



La collocazione del municipio rispetto all'area Sud di Roma.



La porzione di municipio interna al Grande Raccordo Anulare e la sua divisione in zone urbanistiche.



La zona Marconi. In rosso, l'area nord del municipio e la sua divisione in zone.

Fonti: Google maps, Comune di Roma

Marconi, oltre ad essere la prima (15A) delle sette zone urbanistiche del municipio XI è anche la più centrale. Il nome del quartiere deriva da un'importante arteria stradale che ne attraversa longitudinalmente il territorio, da Ponte Marconi al sottopasso di Porta Portese: Viale Guglielmo Marconi. I confini attuali della zona Marconi sono stati stabiliti istituzionalmente nel 1977 e disegnano l'area compresa tra l'ansa fluviale del Tevere, il vallo ferroviario del tratto Roma-Pisa (Pietra Papa) e la fascia precollinare lungo l'asse di via Quirino Majorana. Fino al 1800 l'area non era stata particolarmente urbanizzata tranne che come snodo di collegamento ferroviario. Con la costituzione dello Stato unitario del Regno d'Italia nel 1861, nell'area iniziano ad insediarsi le prime attività produttive, favorite dalla presenza della stazione ferroviaria. L'area venne impiegata notevolmente a scopi industriali fino all'epoca fascista: sono molte le attività che vennero situate sul territorio di Marconi in questo periodo, tra le principali è necessario annoverare il complesso "Mira Lanza", centro produttivo di candele e saponi; la fabbrica "Molini Biondi", mulino per produzioni industriali; il "Granaio dell'Urbe", magazzino di grano e altri generi edibili di periodo fascista [60].

Nel secondo dopoguerra, fra gli anni '50 e '60, iniziò una sfrenata edificazione di palazzine a carattere residenziale intensivo; queste arrivavano a raggiungere anche i dieci piani ed erano prevalentemente in cemento armato. Il quartiere ha in seguito assunto rapidamente il ruolo di nucleo commerciale del municipio, soprattutto intorno alle due principali vie che lo attraversano: viale Guglielmo Marconi e via Oderisi da Gubbio. La zona risulta essere servita da due importanti attraversamenti fluviali che la collegano con i quartieri limitrofi e l'area a Sud di Roma: il "Ponte dell'industria", costruito nel 1863; e il ponte intitolato al noto scienziato Guglielmo Marconi nell'anno della sua morte, inaugurato nel 1955.



Foto storica di Piazzale della Radio, 1956



Foto storica di Viale Marconi, 1960.



Foto storica di Ponte Marconi, 1972



Foto storica dell'angolo tra Via Pacinotti e Viale Marconi, 1952



Foto storica del Ponte dell'Industria, 1892

Fonte: Romasparita.eu

01.3.2 - Mappe tematiche

La **rete stradale** di Roma si sviluppa in un sistema morfologicamente complesso che asseconda le conformità del territorio, caratterizzato da numerose emergenze paesaggistiche. La presenza di tracciati storici ed i notevoli dislivelli presenti tra un quartiere e l'altro limita lo sviluppo e la regolamentazione di nuovi tracciati che permetterebbero di contribuire al decongestionamento automobilistico. La conformazione propria della città non favorisce lo sviluppo della mobilità ciclabile e pedonale, sono in via di sviluppo le infrastrutture atte a favorire una mobilità elettrica dolce quali biciclette con pedala assistita e monopattini elettrici. I mezzi di trasporto preferiti dagli abitanti di Roma sono le autovetture di proprietà/in sharing o i mezzi pubblici. All'interno della fitta rete viaria della città molte strade necessitano di una continua manutenzione che non viene eseguita con un'adeguata periodicità, questo favorisce periodicamente il verificarsi di incidenti stradali e congestionamenti del traffico.

Strade principali

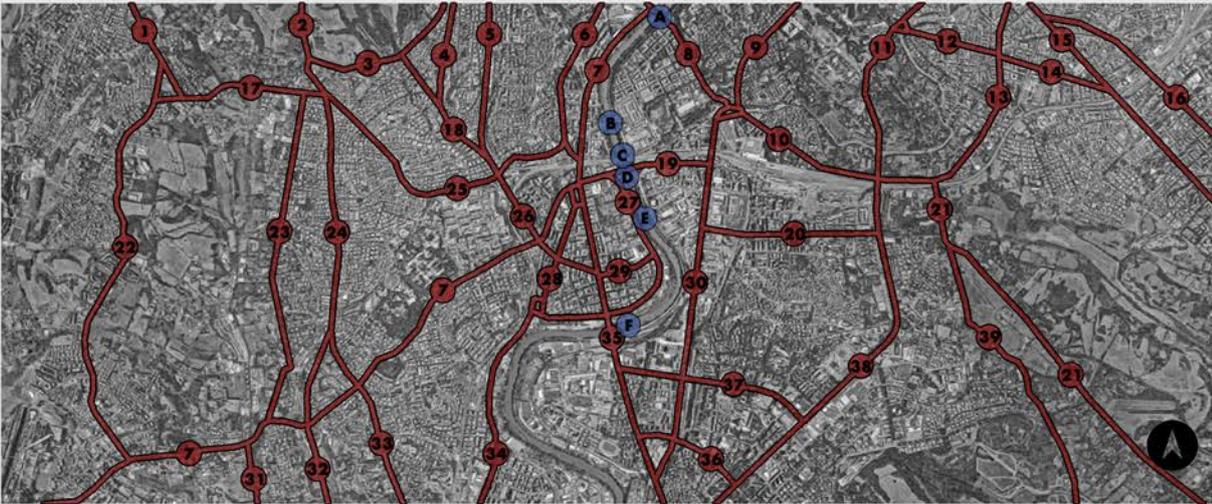
- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 - Via di Bravetta | 21 - Via Appia Antica |
| 2 - Via Leone XIII | 22 - Via della Casetta Mattei |
| 3 - Via Vitellia | 23 - Via del Casaletto |
| 4 - Via Fonteiana | 24 - Via dei Colli Portuensi |
| 5 - Viale dei quattro venti | 25 - Circonvallazione Gianicolense |
| 6 - Viale di Trastevere | 26 - Via Quirino Majorana |
| 7 - Via Portuense | 27 - Lungotevere |
| 8 - Via Marmorata | 28 - Via Oderisi da Gubbio |
| 9 - Viale Aventino | 29 - Via Enrico Fermi |
| 10 - Viale Marco Polo | 30 - Via Ostiense |
| 11 - Viale delle Terme di Caracalla | 31 - Via del Trullo |
| 12 - Via Gallia | 32 - Via Isacco Newton |
| 13 - Via Cilicia | 33 - Via Pietro Frattini |
| 14 - Via Etruria | 34 - Via della Magliana |
| 15 - Via Appia Nuova | 35 - Viale Guglielmo Marconi |
| 16 - Via Tuscolana | 36 - Via Silvio D'Amico |
| 17 - Via Silvestri | 37 - Viale Giustiniano Imperatore |
| 18 - Via di Donna Olimpia | 38 - Via Cristoforo Colombo |
| 19 - Via del Porto Fluviale | 39 - Via Ardeatina |
| 20 - Circonvallazione Ostiense | |

Piazze principali

- a - Piazza Scotti
- b - Largo Alessandrina Ravizza
- c - Piazza Biondo Flavio
- d - Piazza della Radio
- e - Piazza del Gasometro
- f - Piazzale XII Ottobre 1492
- g - Piazza Antonio Meucci
- h - Piazza Enrico Fermi
- i - Piazza Michele da Carbonara
- l - Piazza di S. Eurosia

Ponti principali

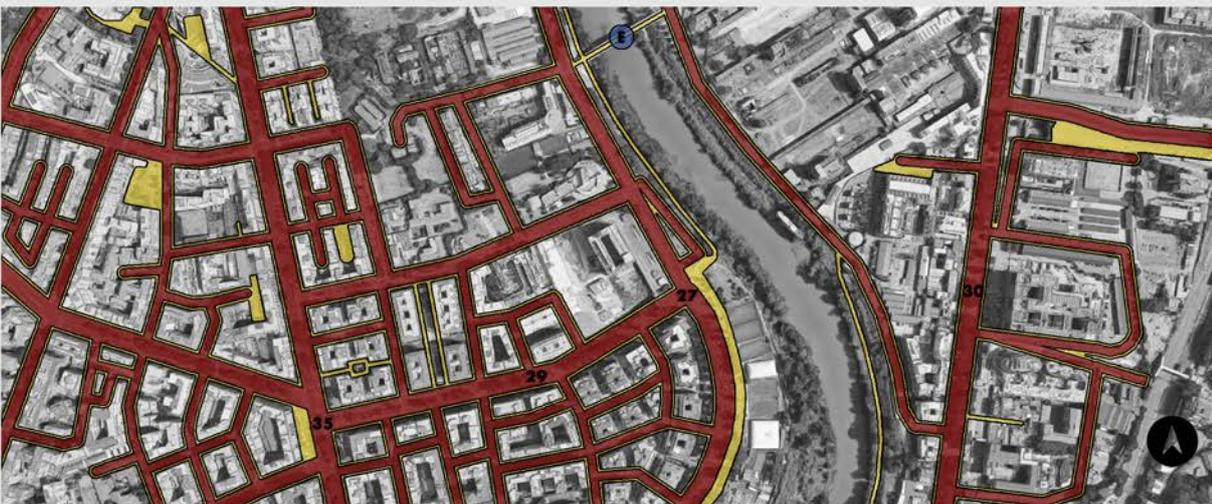
- A - Ponte Sublicio
- B - Ponte Testaccio
- C - Ponte San Paolo
- D - Ponte dell'Industria
- E - Ponte della Scienza
- F - Ponte Guglielmo Marconi



La viabilità a Roma. In rosso, le principali arterie stradali. In blu, i ponti presenti nell'area.



La viabilità a Marconi. In rosso, le arterie principali, le diramazioni secondarie e le piazze.



La viabilità nei pressi dell'area di progetto. In rosso il sistema stradale gerarchizzato. In giallo, i percorsi pedonali. In blu i ponti presenti nell'area.,

I servizi della **mobilità pubblica** di Roma sono prevalentemente serviti dalla azienda ATAC, questa fa affidamento su circa 2000 autobus, 165 tram, 75 filobus e 3 linee di metro (di cui una ancora in corso di completamento) per servire più di 3 milioni di persone ogni giorno tra residenti, pendolari e turisti in una rete che si sviluppa per 1845 km in tutta la città. Il sistema di treni regionali servito da Ferrovie Italiane ospita una rete di 128 stazioni in tutta la città, per un totale di 672 km e 12 linee su ferro, oltre che 4 linee speciali per i collegamenti diretti con gli aeroporti, il mare e con Viterbo.

Area utile al collegamento di Marconi con il resto della città è Stazione Trastevere da cui è possibile connettersi tramite la mobilità su ferro con tutte le altre stazioni ferroviarie della città, oltre che alla fermata del tram 8 che progredisce verso il centro storico cittadino in una direzione e verso Monteverde nell'altra. La fermata della metro più vicina risulta essere quella di Garbatella che serve la metro B e dista approssimativamente tra i dieci ed i venti minuti a piedi dalla zona di Marconi [61].

Fermate linee del tram

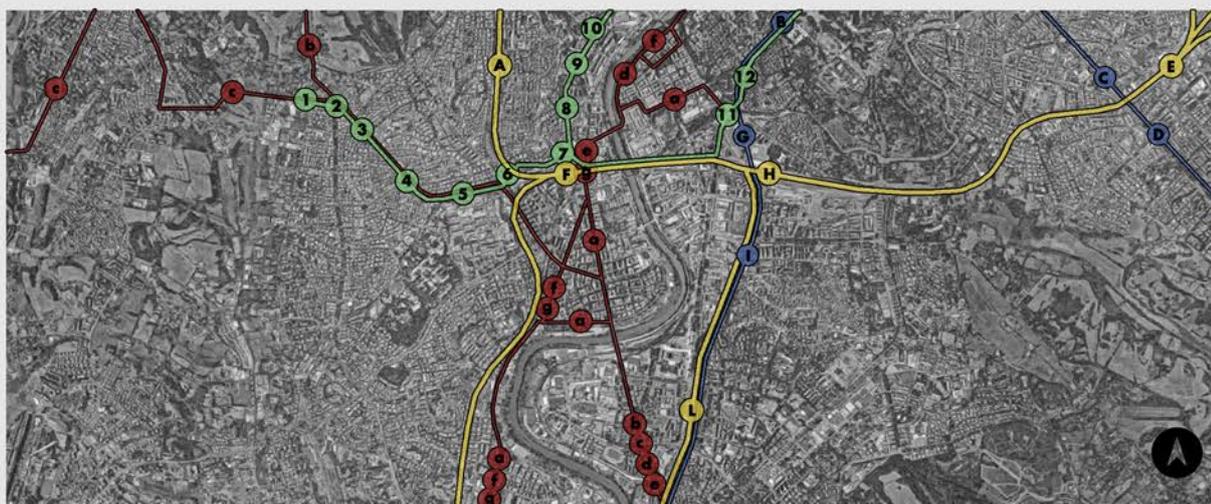
- 1 - Casaletto (capolinea)
- 2 - Gianicolense / Colli Portuensi
- 3 - S. Giovanni di Dio
- 4 - Gianicolense / Ravizza
- 5 - Gianicolense / San Camillo
- 6 - Gianicolense / Ponte Bianco
- 7 - Stazione Trastevere
- 8 - Trastevere / Pascarella
- 9 - Trastevere / Ippolito Nievo
- 10 - Trastevere / Bernardo Da Feltre
- 11 - Ostiense
- 12 - Albania

Stazioni ferroviarie/metropolitane

- A - Stazione Quattro Venti
- B - Circo Massimo (Metro B)
- C - Ponte Lungo (Metro A)
- D - Colli Albani (Metro A)
- E - Stazione Roma Tuscolana
- F - Stazione Trastevere
- G - Piramide (Metro B)
- H - Stazione Roma Ostiense
- I - Garbatella (Metro B)
- L - Stazione San Paolo (Metro B)

Linee autobus

- a - Linea 775; Nazzani/P.le Ostiense-Piramide
- b - Linea 791; Nervi-Palazzo Sport/Cornelia
- c - Linea 792; Eudes/Porta S. Giovanni
- d - Linea 170; Termini/Agricoltura
- e - Linea 766; Millevoi/Stazione Trastevere
- f - Linea 781; Magliana/Piazza Venezia
- g - Linea 780; Nervi-Palazzo Sort/Stazione Trastevere



La mobilità a Roma. In rosso, i principali tracciati degli autobus. In giallo, i tracciati ferroviari. In blu, le linee metropolitane. In verde, i tracciati tramviari.



La mobilità a Marconi.



In rosso le principali linee autobus, in entrambi i sensi di marcia.

Il sistema del **verde** a Roma è particolarmente articolato e complesso, fa affidamento su diversi elementi di eguale importanza tra cui troviamo: i grandi polmoni verdi in forma di parchi regionali e riserve naturali - che dall'esterno della città subentrano in quest'ultima, altre aree di dimensioni minori ad usufrutto dei cittadini quali parchi e ville pubbliche - che contribuiscono ad elevare i livelli di qualità dell'aria e di servizio cittadino, i lunghi filari alberati presenti su numerosi dei viali principali della città oltre che lungo i due corsi fluviali - permettono di garantire una continuità ed una connessione tra le aree verdi permettendo alla città di disporre di una vera e propria rete ecologica [62].

Marconi risente di un altissimo livello di densità abitativa dovuto anche alla quasi totale assenza di verde cittadino che non sia quello riservato ai viali alberati nei corsi principali dell'area. Sono notevoli le aree dismesse che potrebbero essere recuperate nelle aree interne e limitrofe del quartiere: le stesse rive del Tevere non sono affatto valorizzate e ricadono spesso in una situazione di abbandono; diverse aree aperte di pertinenza di ex complessi industriali ricadono oggi in uno stato di verde incolto inutilizzato; vi sono poi numerose sezioni di territorio occupate da valli e tracciati ferroviari abbandonati che, ad oggi, non trovano ancora una funzione specifica. Queste aree dismesse non contribuiscono in nessun modo al sistema cittadino ma al contrario lo degradano in quanto vengono spesso utilizzate per adempiere ad abusi edilizi quali rifugi per i senza tetto o altre opere esterne alla legalità.

Riserve naturali /Parchi regionali

- 1 - Riserva Naturale Valle dei Casali
- 2 - Riserva Naturale della Tenuta dei Massimi
- 3 - Parco Naturale Regionale dell'Appia Antica

Aree verdi dismesse

- a - Ex-Città del gusto
- b - Ex-Mira Lanza
- c - Pozzo Pantaleo
- d - Ex-Italgas
- e - Rive del Lungotevere
- f - Ex-Mercati generali

Parchi pubblici / Ville pubbliche

- A - Villa Doria Pamphilj
- B - Parco della Resistenza dell'VIII Settembre
- C - Villa Sciarra
- D - Villa Carpegna
- E - Parco Schuster
- F - Parco di Villa Bonelli
- G - Parco del Colle Oppio
- H - Parco San Gregorio al Celio
- I - Parco di San Sebastiano
- J - Villa Lazzaroni



Il verde di Roma. In rosso, le riserve naturali e i parchi regionali. In blu, i parchi e le ville pubbliche.



Il verde a Marconi. In rosso, i filari alberati. In giallo, le aree di verde incolto. In blu, i parchi pubblici.

Vengono infine analizzati e mappati i **servizi pubblici** di cui gli abitanti del quartiere possono usufruire. Come esplicitato in precedenza la netta prevalenza sono servizi ad uso commerciale quali compravendita di prodotti (boutique, negozi, supermercati, store, ecc.) e servizi (attività di ristorazione, centri estetici, officine di riparazione ecc.). Questi si sviluppano prevalentemente nei pianterreni degli edifici consolidando la percezione di avventurarsi per un enorme centro commerciale all'aria aperta quando si gira per le strade di Marconi. Sono presenti, sebbene in minoranza, attività dedicate alla formazione - come, ad esempio, centri scolastici di ogni grado e asili nido; e alla cultura - come, ad esempio, librerie e biblioteche comunali. Si evince tuttavia dalle interviste come queste ultime non vengano usate particolarmente dagli abitanti del quartiere.

Il quartiere si presenta effettivamente come spazio destinato prevalentemente allo sviluppo di attività commerciali di vario genere e che garantisce soltanto i servizi strettamente necessari all'istruzione e alla cultura, questi sono tuttavia insufficienti, specialmente per un quartiere così densamente popolato. Tra i pochi spazi di denotazione culturale presenti vi è il Teatro India, sul Lungotevere poco più a Nord del sito di progetto; un'associazione culturale nei pressi di Piazza Meucci e una piccola libreria comunale vicino a Ponte Marconi.

Viene inoltre segnalata come significativa la presenza di numerosi sedi universitarie, nel quartiere limitrofo di Roma Ostiense. Lungo l'omonima via sono infatti presenti numerose facoltà e uffici direzionali appartenenti all'Università degli studi Roma Tre.



I servizi pubblici a disposizione della popolazione di Marconi.

Legenda

- | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ● Area di progetto | ● Attività ricreative e sportive |
| ● Servizi per l'istruzione | ● Luoghi di culto |
| ● Servizi commerciali | ● Luoghi per attività culturali |

Fonte: NIC - Nuova Infrastruttura Cartografica di Roma Capitale

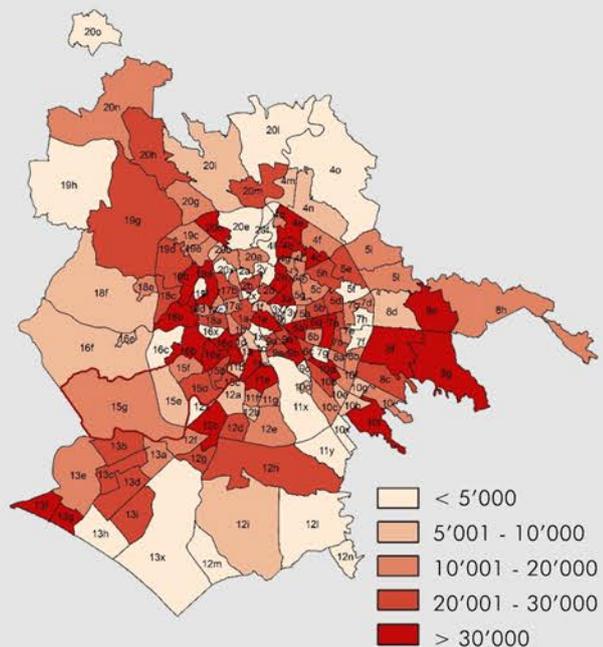
01.3.3 - Il contesto

I **dati anagrafici** raccolti all'inizio del 2020 conteggiano una popolazione di quasi 3 milioni di abitanti, per la precisione 2'848'084 cittadini iscritti all'anagrafe. La popolazione ha subito un leggero calo tra il 2018 ed il 2019, pari al 0.4%, circa 11'000 abitanti. La differenza di genere è prevalentemente bilanciata, le abitanti di sesso femminile rappresentano la maggioranza, pari al 52.7%. Dal 2000 ad oggi, anche a causa delle diverse migrazioni provenienti dal Nord Africa e dall'Est Europa, gli abitanti stranieri sono cresciuti notevolmente. La percentuale è infatti quasi raddoppiata, passando dal 6.0% del 2000 al 13.4% registrata a fine 2019. La distribuzione della popolazione è tendenzialmente omogenea, la aree più popolate vengono individuate nelle zone Est e Sud-Ovest, rispettivamente nella fascia compresa tra A24 e Appia nuova, e il litorale laziale [63].

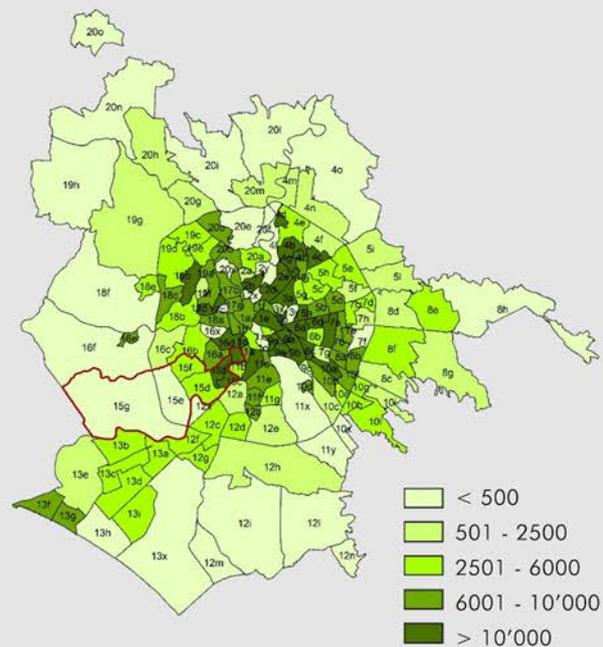
Il **municipio XI** non è generalmente tra i più popolosi, presenta però una variegata raccolta di situazioni urbane diverse fra loro, oltre che una notevole superficie.

Queste peculiarità lasciano trasparire una notevole ambivalenza tra le aree interne del municipio. Come è possibile notare nei grafici presenti nella pagina successiva vi sono notevoli differenze tra le zone interne ed esterne alla città anche se situate all'interno dello stesso municipio, queste tendono ad aumentare di popolazione e densità più ci si avvicina al centro geografico. **Marconi** (15A) risulta essere la zona del municipio XI più centrale, nonostante la sua popolazione sia diminuita dell'1% dal 2018, rimane a valori molto elevati, i suoi abitanti sono circa 35'000 ed è collocata al primo posto tra le zone di Roma per densità abitativa, circa 25'826 abitanti per chilometro quadrato [64].

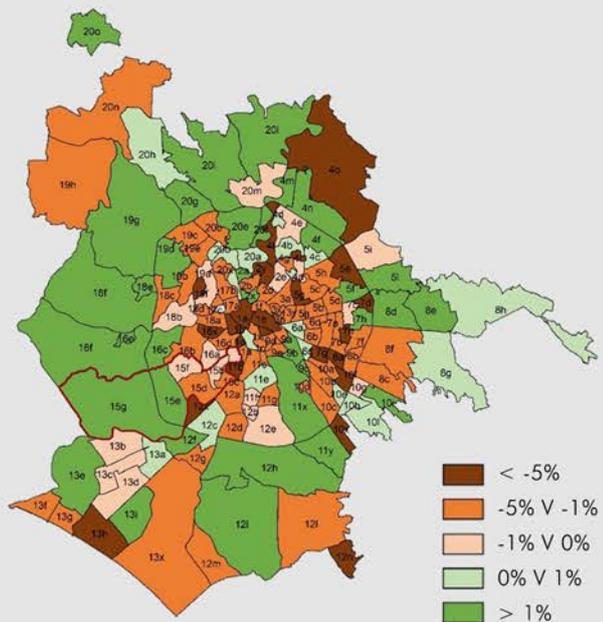
Popolazione di Roma, 2019



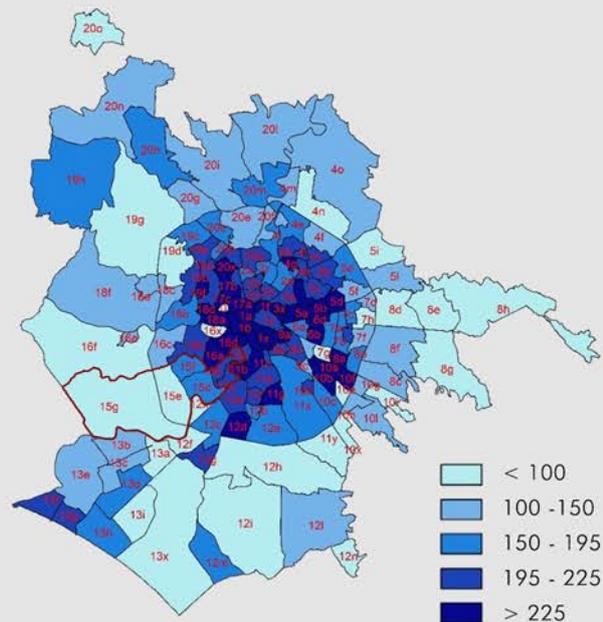
Densità di Roma (ab/kmq), 2019



Variazione demografica, 2014-2019



Indice di vecchiaia (%), 2019



Fonte: Comune di Roma

Viene preposto uno studio relativo al PRG vigente di Roma, questo è stato approvato nel 2008 e ridisegnato a livello definitivo nel 2016. La cartografia esaminata prescrive le modalità e le regole di trasformazione del territorio comunale, articolato per città nel sistema insediativo secondo la denominazione **“Città storica, consolidata, da ristrutturare e della trasformazione”**.

Il lotto di progetto si trova all'interno di un tessuto edilizio di espansione novecentesca definita, ad alta intensità abitativa (T2), che interessa la maggior parte delle costruzioni presenti nel cuore del quartiere Marconi, in confronto a puntuali edifici di media intensità abitativa (T1). Tali espansioni edilizie sono circondate da aree destinate al verde pubblico di livello locale e aree interessate da un processo di valorizzazione ancora da definire. L'area di progetto è posta di fronte, sulla sponda opposta del fiume Tevere, ad una centralità urbana metropolitana a pianificazione definita di ambito industriale e a capisaldi architettonici ed urbani come la Basilica di San Paolo fuori le Mura e relativo spazio aperto antistante.

Nonostante l'abbondanza di aree verdi pubbliche dedicate, esse risultano in pessime condizioni e di non semplice accessibilità, il che vanifica fortemente la presenza di tali servizi al cittadino. Inoltre, l'elevata intensità abitativa e industriale che circonda il lotto di progetto, comporta la necessaria pianificazione di un'area dedicata ai servizi e allo svago, che possa sostenere la grande affluenza di utenti che caratterizza l'area esaminata [65].



Analisi delle tavole relative ai "Sistemi e Regole" del PRG vigente di Roma, nella zona Marconi.

Legenda

- Tessuto di espansione novecentesca a tipologia edilizia ad alta densità (T2)
- Tessuto di espansione novecentesca a tipologia edilizia a media densità (T1)
- Centralità urbane e metropolitane a pianificazione definita
- Ambiti di valorizzazione urbana
- Caisaldi architettonici e/o urbani - Spazi aperti
- Verde pubblico e servizi pubblici di scala locale

Fonti: Google Maps, NIC - Nuova Infrastruttura Cartografica di Roma Capitale

La Rete ecologica rappresenta l'insieme dei principali ecosistemi del territorio comunale e delle relative connessioni. Le misure, le azioni, gli interventi nella "Rete ecologica" sono volti a preservare, valorizzare, ripristinare, in modo coordinato, i valori e i livelli di naturalità delle aree, nonché ad assicurarne l'integrazione secondo criteri e obiettivi di continuità geografica e di funzionalità ecologica.

Il lotto di progetto è collocato all'interno di un sistema di aree aperte definite, le quali si sviluppano lungo il reticolo idrografico del fiume Tevere. Tali aree verdi risultano per la maggior parte dei casi private ed attrezzate, per la presenza di circoli sportivi e aree incolte, poco attrezzate, o danneggiate, per la pubblica utilità. Sulla sponda opposta del fiume rispetto all'area di progetto, la funzione della zona verde risulta da definire.

Le vie principali del quartiere sono state marcate mediante l'utilizzo di filari alberati che costeggiano la carreggiata in entrambi i sensi di marcia, fornendo anche un passaggio ombreggiato per la mobilitazione pedonale. Questi contribuiscono, sebbene non in maniera del tutto sufficiente, ad abbassare i fenomeni di formazione di isole di calore urbano a cui il quartiere è frequentemente sottoposto. Assenti risultano essere le aree verdi libere, intese come parchi pubblici attrezzati, tenuti in buone condizioni per le esigenze dei cittadini [66].



Analisi delle tavole relative alla "Rete ecologica" del PRG vigente di Roma, nella zona Marconi.

Legenda

- Verde attrezzato di proprietà privata
- Componente primaria, aree definite
- Componente primaria, aree da definire tramite attuazione di strumenti esecutivi
- Reticolo idrografico
- Filari alberati

Fonti: Google Maps, NIC - Nuova Infrastruttura Cartografica di Roma Capitale

Estratto dell'intervista dell'8 Settembre 2021 a Luca Montuori, assessore all'urbanistica di Roma dal 2017 al 2021.

G.M: [...] Vorrei un suo parere generale in merito alle vicende che hanno interessato il lotto relativo all'ex Consorzio agrario di Via Enrico Fermi.

L.M: Le vicende sono quelle tipiche che riguardano gli incroci tra Roma Capitale e la Regione Lazio degli ultimi anni. In breve, lì c'era un progetto di una grande multisala. Prima città del gusto, poi trasformato in multisala, in seguito, attraverso il Piano Casa - che è una norma odiosa e derogatoria con cui si è potuto fare di tutto, trasformato in un edificio residenziale. C'è stata una grande sommossa dei cittadini che hanno segnalato in tutte le sedi possibili che c'erano degli abusi edilizi e in effetti la procura della Repubblica ha ritenuto di sequestrare il cantiere in quanto un precedente condono si basava su dei documenti che non erano del tutto realistici. È una grande vittoria questa? Sì, perché non è tollerabile che la gente falsifichi ancora i documenti e abbia questo atteggiamento predatorio nei confronti della città, adottando la mentalità: "quell'edificio è mio, ci faccio quello che mi pare"; No, perché lì rimarrà uno scheletro per i prossimi "x" anni [...]

G.M: Adesso parlando più in generale del municipio XI, quale pensa che siano le maggiori criticità e le principali potenzialità che caratterizzano l'area di Marconi?

L.M: Le potenzialità di Marconi sono legate alla presenza di una grandissima area ex-industriale che potrebbe essere trasformata, in parte in proprietà del Comune di Roma, come ad esempio l'ex "Mira Lanza". Ci siamo scontrati contro il fatto che non avendo voluto vendere l'immobile, come invece fa Milano, ad esempio, che vende ad un prezzo simbolico gli immobili pur di vederli trasformati, noi lo abbiamo dato in diritto di superficie che vuol dire: "te lo do per cinquant'anni, tu ci fai il tuo profitto in quel periodo di tempo e poi me lo ridai in modo che torni proprietà del comune". Questo non funziona, o almeno, in questo caso non ha funzionato, perché oramai i fondi di investimento devono poter inserire la proprietà degli immobili nei loro bilanci, indipendentemente da ciò che ci fanno. [...] C'è inoltre una grossa criticità: ci sono delle problematiche ambientali non indifferenti di bonifiche da dover fare nelle aree tenendo conto del fatto che ci sono dei ritrovamenti archeologici particolari, sempre lì nei dintorni dell'area dell'ex Mira Lanza. [...]

G.M: Molto bene. Durante il Festival delle Periferie che si è tenuto a maggio 2021, ha parlato di una città che è stata caratterizzata da un'espansione senza controllo, si è soffermato anche sull'assenza di relazioni che c'è tra lo sviluppo di nuovi ambienti urbani, appunto delle periferie, e i servizi e le infrastrutture di cui è indiscutibile la necessità per garantire una decente qualità della vita. Pensa che questo possa essere un discorso valido anche per altre zone di Roma più centrali? O trova che sia un discorso strettamente legato alle periferie?

L.M: Dunque, tutta l'area di Viale Marconi intanto è una tra le aree più dense di Roma, anzi credo che sia la più densa di Roma, tanto che tramite la mappa delle analisi dei rischi, legate alle isole di calore, una delle aree più rischiose della città è proprio Viale Marconi. La densità abitativa - che porta tutta una serie di problematiche ambientali all'intorno, la influenza molto. In quell'area non c'è un problema di trasporti, c'è un progetto, secondo me importante, che stiamo portando avanti con RFI (Rete Ferroviaria Italiana) che è l'uscita di Stazione Trastevere sul lato Piazzale della Radio perché non è accettabile che lì ci siano situazioni per cui uno esce su quella brutta piazza con il parcheggio per le macchine, su Viale Trastevere per poi dover passare sotto a un ponte per raggiungere Viale Marconi. C'è la possibilità di fare un'uscita anche molto interessante: lì c'è un vecchio rilevato ferroviario che non è mai stato utilizzato e potrebbe diventare un vero percorso verde verso la città. È chiaro che per sviluppare questi progetti tra Roma Capitale e Ferrovie dello Stato - che agisce con la lentezza di un ministero, ci vuole un po' di tempo, però quella è una grande potenzialità che permetterebbe a tutta quest'area di respirare. [...]

G.M: *Ha già menzionato un paio di volte il Piano Casa, una norma molto discussa, soprattutto nel Lazio. Pensa che possa essere uno strumento che possa agevolare la rigenerazione urbana o è più un via libera alla speculazione?*

L.M: No. È stato un via libera indiscriminato. Ha riguardato esclusivamente gli interventi diretti, cioè limitati al perimetro della proprietà privata, quindi anche se io avessi voluto dire a uno che si rifaceva il villino nel secondo municipio: "facendo i lavori rifai il marciapiede intorno, c'è una piazza, chiudi una strada, cioè fai un minimo di sistemazione urbana... non si poteva". È una norma - e credo sia stata definita la peggiore in Italia, nata dalla Legge Berlusconi. In altre regioni, per esempio la regione Emilia-Romagna, la regione Toscana, si è intrecciata con migliori leggi urbanistiche della regione Lazio, fatte molti anni fa. Qui è diventata proprio un via libera alla proprietà privata. [...]

G.M: *Arriviamo all'ultima domanda. Per lei, costruire o rigenerare? Ovvero: imparare dagli errori del passato per costruire pianificando con criterio e consapevolezza o è meglio concentrarsi sul ricucire il tessuto urbano che è stato leso da anni di una incauta politica urbana?*

L.M: C'è bisogno di rigenerare alcuni tessuti: a Roma abbiamo tantissime aree intercluse che magari potrebbero diventare interessantissimi progetti di densificazione urbana, solo che la densificazione è, politicamente, sempre rischiosa, perché ci sono sempre dei vicini di casa che sono generalmente contrari alle trasformazioni. C'è bisogno di costruire in alcune aree, c'è bisogno di nuove edificazioni, quindi c'è bisogno di tutto. Non c'è una strada sola. Non ci sono ricette uniche, chiaro che lavorerei sulla rigenerazione prima della nuova edificazione. C'è bisogno di tutto nelle città, chiuderei con una citazione di Stanley Kubrick: "non ho risposte semplici".

Estratto dell'intervista del 10 ottobre 2021 ad **Alessandro Appetito**, residente nativo della zona Marconi dal 1996.

G.M: [...] *Quali sono, secondo lei, i lati positivi di vivere nella zona Marconi e quali quelli negativi?*

A.A: Indubbiamente Marconi è una zona molto strategica perché si trova vicino al centro, pochissime fermate di autobus per arrivare a Testaccio e Trastevere e altrettante poche per arrivare nel quartiere EUR, al G.R.A e al mare. C'è anche una grandissima varietà di possibilità commerciali, sembra quasi un centro commerciale a cielo aperto. Un altro aspetto molto positivo è sicuramente l'ottimo collegamento con i mezzi pubblici, perché è vero che non esiste una fermata della metro all'interno della zona Marconi: le due fermate più vicine sono parecchio al di là del Tevere, ci sono però numerose linee di autobus che passano più internamente e che riescono a collegare la zona con numerose parti di Roma.

Passando agli aspetti negativi il principale è sicuramente l'inquinamento: una delle cause è che lo stesso Viale Marconi è una strada a tre corsie per carreggiata, costantemente congestionata, per non parlare del dedalo di vie secondarie che delineano il quartiere stesso. Questo causa anche un fortissimo inquinamento acustico, parlo per esperienza puramente personale in quanto la casa dove vivo precedentemente affacciava direttamente su Viale Marconi e il traffico, gli autobus, le linee notturne oltre ai mercatini di quartiere - che necessitano di numerosi interventi di pulizia delle strade, producevano rumore ad ogni ora del giorno e della notte; verosimilmente adesso che mi sono trasferito circa trecento metri più lontano da Viale Marconi la situazione è nettamente migliorata. Un altro aspetto che mi viene in mente è la situazione drammatica dei parcheggi, i motivi di questo aspetto penso che siano già notevolmente conclamati anche rispetto a ciò che abbiamo detto in precedenza: la densità abitativa, lo stesso carattere di zona di passaggio, il costante traffico non contribuiscono positivamente al reperimento di parcheggi all'interno della zona e questo non facilita gli spostamenti con la macchina che purtroppo a Roma è abbastanza una prerogativa [...]

G.M: *Marconi risulta essere una delle zone di Roma con i più elevati valori di densità residenziale e di calore dovuto all'effetto di isola di calore urbano il cui principale responsabile è l'eccessivo congestionamento automobilistico. Riscontra come veritiere queste analisi e trova che siano esternalità invalidanti?*

A.A: Sì, penso che siano condizioni decisamente svantaggiose per chi vive qui. Ho notato una grande differenza semplicemente spostandomi in altre zone di Roma che sono meno popolate e di conseguenza meno inquinate. In estate il caldo è percepito come ancora più torrido e camminare lungo Viale Marconi può risultare essere sfiancante nelle giornate maggiormente soleggiate per non parlare della qualità dell'aria...

G.M: Trova che all'interno del quartiere ci siano sufficienti aree verdi accessibili ai cittadini?

A.A: No. Non ci sono aree verdi nella zona Marconi. Da ponte Marconi a Piazzale della Radio non esistono aree verdi accessibili ai cittadini.

G.M: I servizi pubblici all'interno della zona Marconi, come ad esempio palestre, biblioteche, musei, aule studio e in generale luoghi di condivisione e aggregazione, sono sufficienti a gestire la portata di persone che abitano il quartiere o è spinto ad allontanarsi dalla zona in cui vive per raggiungere questi luoghi?

A.A: Luoghi di condivisione o con una valenza culturale ce ne sono molto pochi e in più sono non bastano rispetto alla quantità di gente che vive in questa zona. Sarebbero pochi anche se tutte le palazzine di Marconi fossero alte tre piani [...]

G.M: Conoscerà l'ex-consorzio agrario, poi ex-Città del gusto di via Enrico Fermi. Le riassumo brevemente le vicende che hanno caratterizzato la prima conversione di questo spazio e la sua successiva chiusura [...]

A.A: Non immaginavo avesse una storia del genere, ricordo di essere rimasto molto contrariato quando hanno chiuso i battenti di tutto il polo polifunzionale ma non immaginavo che avessero chiuso tutto per costruire dei nuovi appartamenti. Una nuova palazzina residenziale penso che sia l'ultima cosa che possa servire al quartiere.

G.M: Dato che siamo in periodo di elezioni le chiedo, se domani si svegliasse come nuovo sindaco di Roma, quali pensa che potrebbero essere delle attività utili a rispondere alle necessità della zona da collocare all'interno dell'ex-città del gusto?

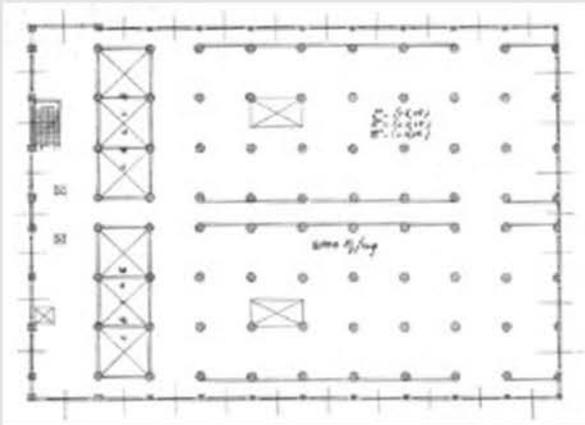
A.A: Per quel che ne so, quella è un'area molto strategica: l'affaccio sul Lungotevere, il collegamento con la pista ciclabile, la vicinanza non eccessiva con Viale Marconi che permette di risentire meno dell'inquinamento acustico e dell'aria ma garantisce un collegamento immediato con buona parte della città [...] Mi piaceva ciò che c'era prima: il cinema, ad esempio, era un modo piacevole di passare il tempo senza dover attraversare mezza Roma; i servizi di ristorazione erano un valore aggiunto, Marconi e i quartieri limitrofi si stanno sviluppando molto verso l'enogastronomia; la piazza di collegamento che c'era tra via Enrico Fermi e Via Pietro Blaserna funzionava sia come luogo dove ritrovarsi che un collegamento diretto tra le due vie, da lì era anche possibile accedere al supermercato e ad altri servizi. Una buona idea potrebbe essere quella di inserire del verde all'interno di quegli spazi - che è un elemento che a Marconi è praticamente inesistente. Quello che veramente mi piacerebbe che ci fosse è un luogo dove evadere un po' da Marconi, un posto dove potersi rifugiare dallo smog, il caos, il rumore.

01.3.4 - Cenni storici

Nei primi anni trenta l'attività del Consorzio agrario provinciale di Roma percepisce una crescita repentina nel commercio del grano arrivando a influenzare anche gli enti governativi a predisporre delle leggi indirizzate all'accrescimento degli spazi di raccolta delle scorte di grano. Le agevolazioni statali portarono alla progettazione e la costruzione del **Granaio dell'Urbe** di Via Enrico Fermi. L'edificio viene costruito nel 1935 dalla Federconsorzi su progetto di Tullio Passerelli.

Il progetto dell'ingegner Passerelli prevedeva un volume a ziggurat che coniugava lo stile delle tecnologie instrustiali con lo stile razionalista che andava insinuandosi in Italia. La struttura era originariamente organizzata in un telaio di travi e pilastri in cemento armato ad interasse ed altezza media dei piani pari a 5 metri. Il progetto prevedeva una struttura in cemento ad alta resistenza il cui impiego permise di alleggerire il peso dell'edificio e ridurre la sezione degli elementi strutturali. A differenza delle tradizionali strutture a silos verticale l'edificio si distinse su più piani orizzontali nell'ottica di un possibile uso all'infuori dello stoccaggio dei materiali edibili. Nel 1959 viene previsto un raddoppio della struttura in direzione di Via Enrico Fermi di cui verranno realizzati soltanto i primi due piani. Il deposito rimarrà attivo fino alla fine degli anni '60 e cadrà successivamente in disuso per circa quaranta anni [67].

Nel 1990 Federconsorzi si avvicina al fallimento ed è costretta a vendere l'immobile, che verrà acquistato dalla società Zeis srl, questa ne dispone immediatamente una riconversione degli spazi affidata allo studio Petruccioli & Associati di Roma che ne presenta la documentazione in comune.



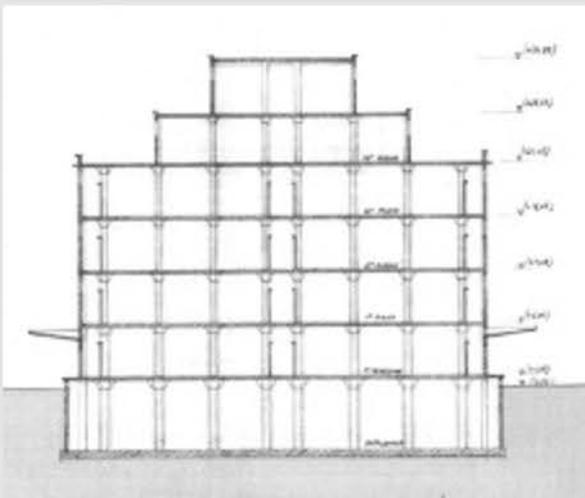
Pianta del piano primo, secondo e terzo della struttura originaria di Tullio Passerelli, 1935



Illustrazione prospettica del consorzio agrario cooperativo di Tullio Passerelli, 1935.



Il "Deposito del Grano di Roma" o "Granaio dell'Urbe" da poco completato, 1935.



Sezione della struttura originaria di Tullio Passerelli, 1935



Il primo ammasso di grano all'interno del deposito, 1936.

Fonte: Google immagini, Archivio LUCE

A cavallo del nuovo millennio viene ultimato il progetto di riconversione dell'ex consorzio per un impianto di 2'000 metri quadrati e nasce la **Città del gusto di Roma**. Il complesso comprendeva un centro polifunzionale gestito dal Gambero Rosso che ospitava diverse funzioni di natura variegata tra cui: una emittente satellitare dove venivano registrati numerosi programmi televisivi, alcuni servizi di ristorazione, 14 sale cinematografiche di proprietà dell'UCI Cinema Marconi, alcuni uffici direzionali dell'azienda sanitaria locale, un parcheggio interrato, un supermercato, una piazza pubblica di 6'000 metri quadrati in travertino e con una mostra d'acqua.

Al primo piano era collocato un imponente salone di circa 1000 metri quadrati, capace di contenere circa 500 invitati per l'allestimento di mostre ed eventi. Seguendo le scale mobili interne si raggiungeva il secondo piano che ospitava diversi spazi gestiti dal Gambero Rosso, tra cui l'emittente televisiva all'interno della quale venivano registrati numerosi reality. All'interno del piano erano infatti presenti diverse postazioni per i corsi di cucina offerti dall'azienda; una sede commerciale riservata alla vendita di utensili, accessori e libri a tema enogastronomia; e un'ampia terrazza destinata agli eventi estivi. Al terzo piano vi erano le aule didattiche per una vastissima gamma di corsi di cucina, da quelli più basilari a quelli professionalizzanti. All'interno del piano risiedeva il "Teatro della cucina", un vero e proprio auditorium culinario dove chef stellati di caratura internazionale hanno partecipato ad evolvere il dibattito culinario contemporaneo. L'ultimo piano era riservato al Winebar e alle attività di ristorazione esterne al Gambero Rosso, dal piano era possibile accedere alle terrazze panoramiche che permettevano di ammirare la Roma post-industriale incorniciata dal Tevere [68].



La Città del gusto di Roma vista dal Lungotevere di Pietra Papa, 2014



Il fronte Ovest della Città del gusto di Roma, 2014

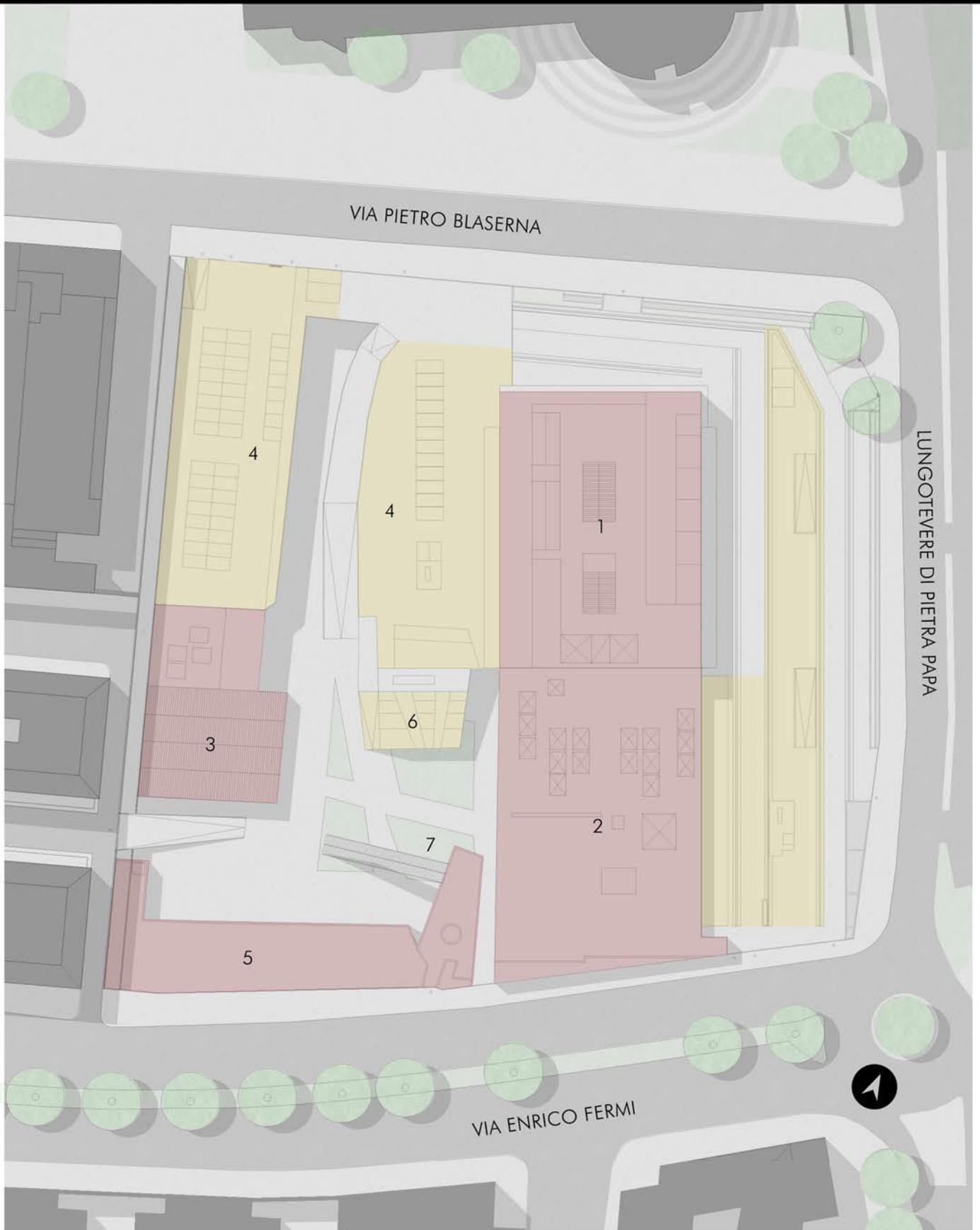


I collegamenti verticali del corpo principale

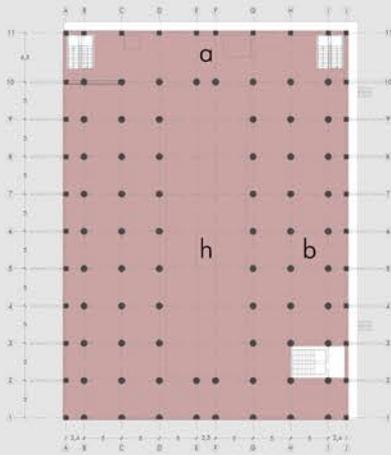


Le terrazze panoramiche del quarto piano

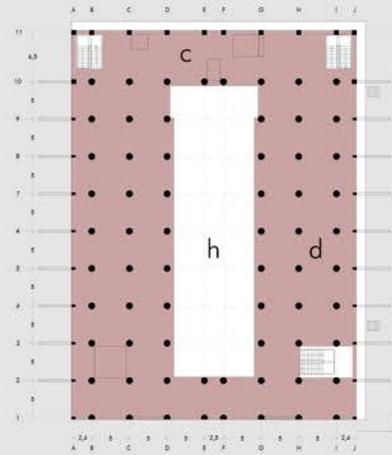
Fonte: Google immagini, Archivio LUCE



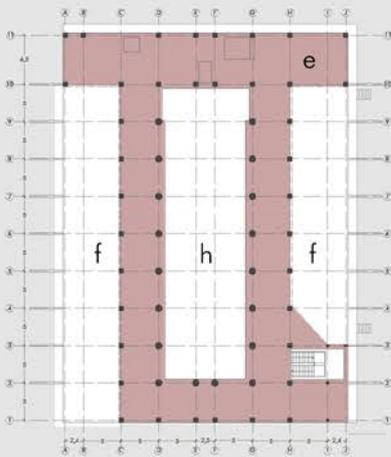
Planivolumetria della Città del gusto, scala 1:100



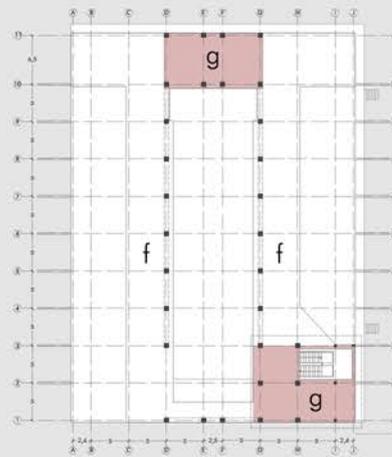
Piano terra, scala 1:100



Piano tipo (1-3), scala 1:100



Piano quarto, scala 1:100



Piano quinto, scala 1:100

Legenda delle volumetrie

- 1 - Città del gusto
- 2 - UCI cinema
- 3 - Supermercato 'Eurospar'
- 4 - Aree di parcheggio
- 5 - Sede della ASL
- 6 - Mostra d'acqua
- 7 - Aree verdi

● Volumi

○ Spazi aperti

Legenda della Città del gusto

- a - Redazione editoriale
- b - Area commerciale
- c - Spazi polifunzionali per eventi
- d - Scuola di cucina
- e - Attività di ristorazione
- f - Terrazze panoramiche
- g - Studi televisivi
- h - Collegamenti verticali

Fonte: Gambero Rosso

Nel 2014, con l'entrata in vigore della legge "Piano Casa", la società proprietaria approfitta delle agevolazioni normative e dichiara un cambio di destinazione d'uso della struttura iniziando a definirne la demolizione e il progetto di riconversione. Nello stesso anno il complesso viene demolito nella sua interezza lasciando soltanto la struttura originaria del Granaio dell'Urbe dal riconosciuto valore storico. Al posto della Città del gusto di Roma viene promosso un progetto per un complesso residenziale di circa 400 nuovi appartamenti di lusso [69]. Agli occhi di molti questo apparve come un'ennesima vittoria della **speculazione** edilizia nei confronti dei diritti e dei servizi di cui un cittadino dovrebbe poter disporre. Nel periodo immediatamente successivo alla chiusura ci fu una mobilitazione generale del quartiere che protestò attivamente contro la chiusura della Città del gusto in quanto sottrazione di ulteriori servizi pubblici al quartiere. Dopo pochi mesi dall'inizio del cantiere, anche grazie alla partecipazione della popolazione che raggiunse una petizione di circa 2'500 firme, la procura decise di riesaminare la documentazione relativa ai permessi di costruire in quell'aria e, a seguito degli accertamenti, emerse l'invalidità di alcuni documenti relativi ad un condono depositato dalla società che permetteva a quest'ultima di aumentare notevolmente la cubatura del costruito in modo del tutto illegittimo. Iniziò un periodo di tira e molla tra i diversi attori coinvolti la società proprietaria che voleva riprendere i lavori al più presto, il dipartimento di Programmazione e Attuazione urbanistica sostenuta dal comitato di quartiere che tentavano di accertare la validità o meno della documentazione presentata dai costruttori, i Tribunali amministrativi regionali e comunali a fare da arbitro nel mezzo. A seguito delle indagini preliminari il gip predispose il fermo lavori per un breve periodo di tempo.

Questi ripresero a pieno regime dopo circa tre anni; aumentarono notevolmente anche le lamentele espresse dai cittadini per motivazioni inerenti anche alle modalità di svolgimento dei lavori [70]. Circa 200 famiglie protestarono attivamente per l'inquinamento sonoro, il sollevamento di polveri sottili e le costanti vibrazioni causate dall'utilizzo di trivelle e martinetti idraulici. A seguito di numerosi accertamenti - che continuarono a protrarsi per anni, il Tar si è da poco espresso a sfavore della società in quanto la documentazione risulta in parte mancante e in parte illegittima confermando l'apposizione dei sigilli sul cantiere e deliberando per un debito del Comune di Roma nei confronti della società Zeis srl pari a 4.6 milioni di euro come rimborso per le protratte tempistiche di chiusura del cantiere. Ad oggi, il lotto è caduto in disuso ed è stato abbandonato da diversi anni, le certificazioni di chiusura del cantiere firmate dal Comune di Roma sono tuttora appese fuori dagli ingressi dell'ex cantiere. La struttura originale del ingegner Passarelli e la mostra d'acqua sono le uniche rimanenze all'interno del lotto. Queste erano state verificate e consolidate a livello strutturale nelle ultime fasi di attività del cantiere.



La demolizione della Città del gusto, 2017.

Fonte: Romasparita.eu

01.3.5 - Area di progetto

Il lotto di progetto appare, ad oggi, come un grande spiazzo su due livelli completamente in disuso su cui permangono diverse preesistenze totalmente decontestualizzate dalla diversa origine. Il perimetro è quasi completamente recintato e reso inaccessibile da catene e cartelli del comune di Roma che impongono il fermo dei lavori. Piccole strutture puntuali di chiara origine antecedente al corpo principale sono presenti per tutta la piazza e anche sul gigantesco scheletro in cemento armato progettato originariamente dall'ingegner Passerelli. La porzione di progetto al livello stradale ospita due piani di parcheggi interrati compresi di rampe e griglie per l'areazione che costeggiano i limiti del lotto. Attraverso due rampe poste nel lato del lotto più a Ovest si accede al piazzale sul piano ribassato su cui sono evidenti diversi segni sul terreno che mostrano le preesistenze, ormai smantellate, dei vari volumi che erano compresi nel complesso dell'ex città del gusto. Unico volume rimasto intonso su questo piano è la mostra d'acqua – ad oggi chiaramente vuota, posta al centro dell'area, vicino all'angolo Sud del corpo principale.



Vista aerea della zona Marconi da Nord. In rosso, l'ex consorzio agrario



Vista aerea della zona Marconi da Sud. In rosso, l'ex consorzio agrario

Fonte: Google maps

Il corpo principale dell'ex consorzio agrario appare spoglio di ogni parte che non sia strettamente strutturale. Le uniche aggiunte postume al progetto originale sono ben riconoscibili: i corpi scale negli angoli Ovest, Nord e Est; alcune travi di consolidamento strutturale poste a seguito degli accertamenti di sicurezza; e i due piccoli volumi sulla sommità del complesso, costruite con travi e copertura in acciaio come il resto delle aggiunte. Lo scheletro originario è costituito da peculiari pilastri "a fungo" di base ottagonale da cui si intreccia un sistema di travi rettangolari a spessore che sorreggono i solai a base cementizia. L'asset strutturale è molto regolare e si basa su una griglia 5x5x5m che viene alterata soltanto nelle maniche più esterne dell'edificio e lungo l'asse longitudinale. I pilastri si rastremano salendo di quota e culminano al quarto piano con un arretramento del sistema strutturale in direzione della corte interna, intersecandosi con la manica posta lungo il lato Nord-Ovest. Sul piano delle coperture sono presenti li due volumi postumi all'edificio originario su cui ci si riserva la possibilità di un eventuale demolizione in fase di progetto.



Vista aerea dell'ex consorzio agrario. Al di là del Tevere, l'area ex-industriale del quartiere Ostiense.

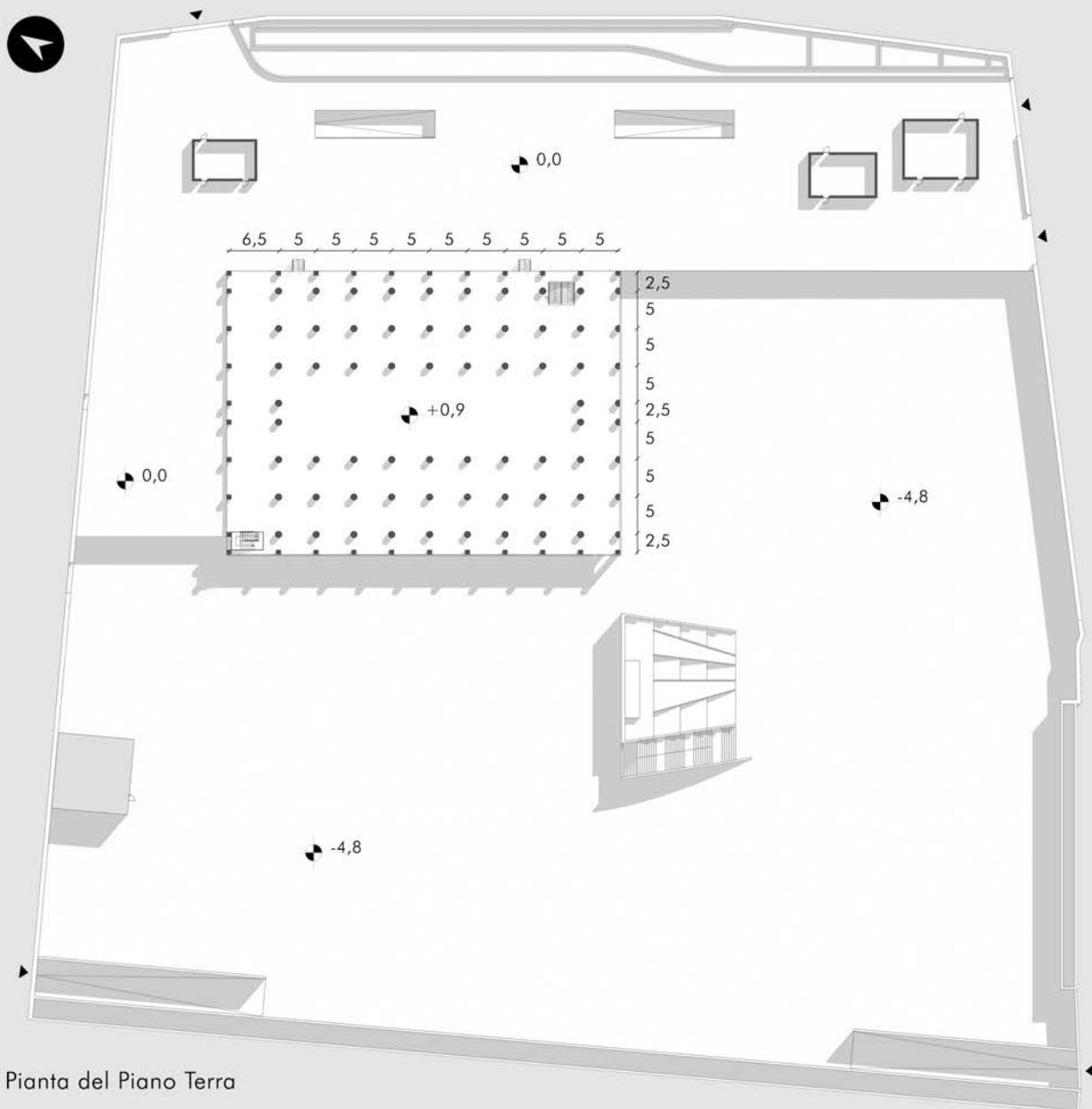


Vista aerea dell'ex consorzio agrario. Al di là del Tevere, l'area ex-industriale del quartiere Ostiense.

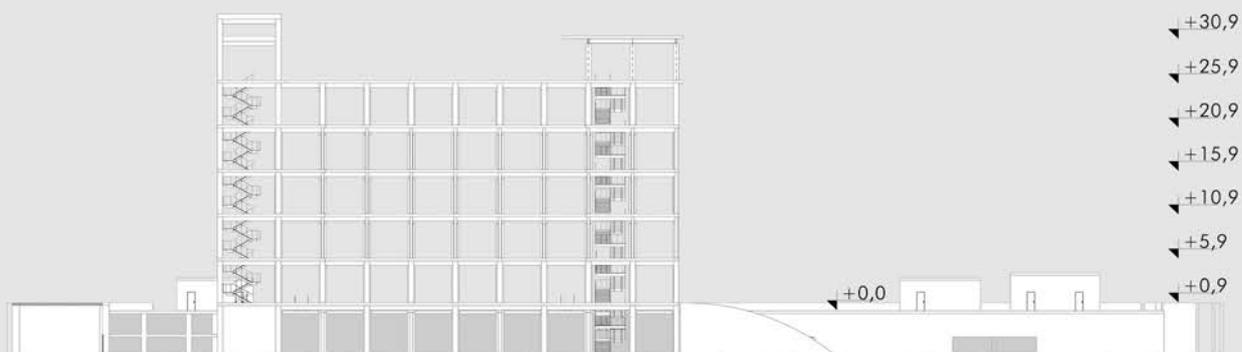


Vista aerea della sponda tiberina a Est di Marconi. Da sinistra verso destra: la chiesa parrocchiale dei Santi Aquila e Priscilla, il comprensorio di uffici di Westpole e OverIT e il gasometro di Ostiense.

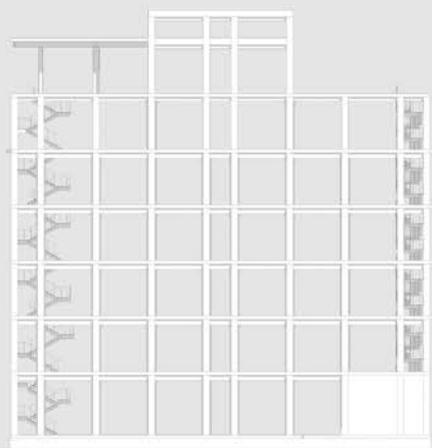
Fonte: Google maps



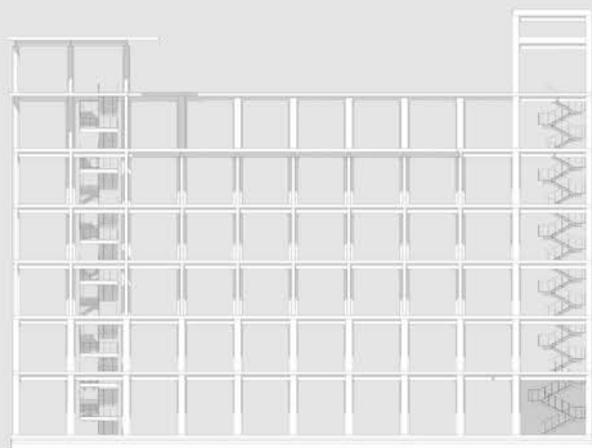
Pianta del Piano Terra



Prospetto urbano Sud - Ovest

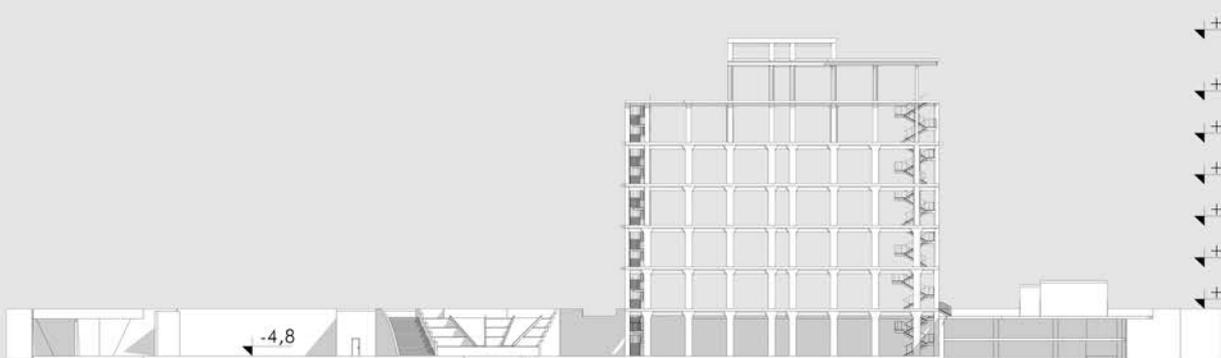


Prospetto Nord - Ovest



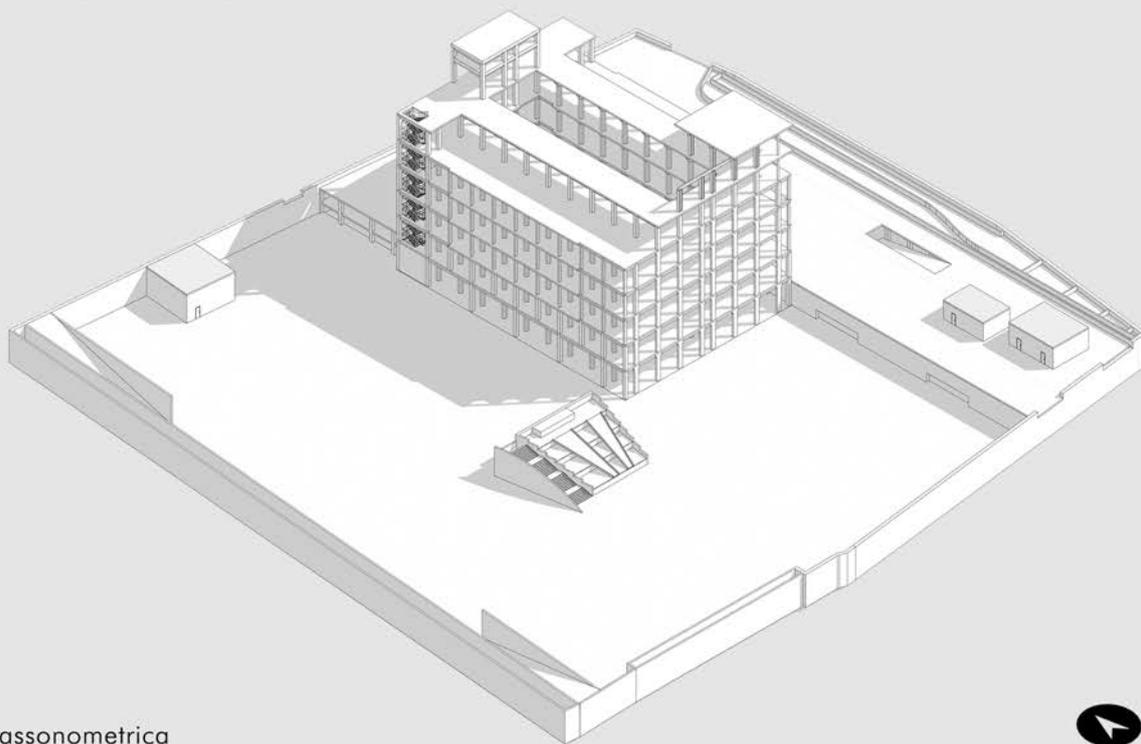
Prospetto Nord - Est

- ↙ +33,4
- ↙ +30,9
- ↙ +25,9
- ↙ +20,9
- ↙ +15,9
- ↙ +10,9
- ↙ +5,9
- ↙ +0,9
- ↙ -4,8



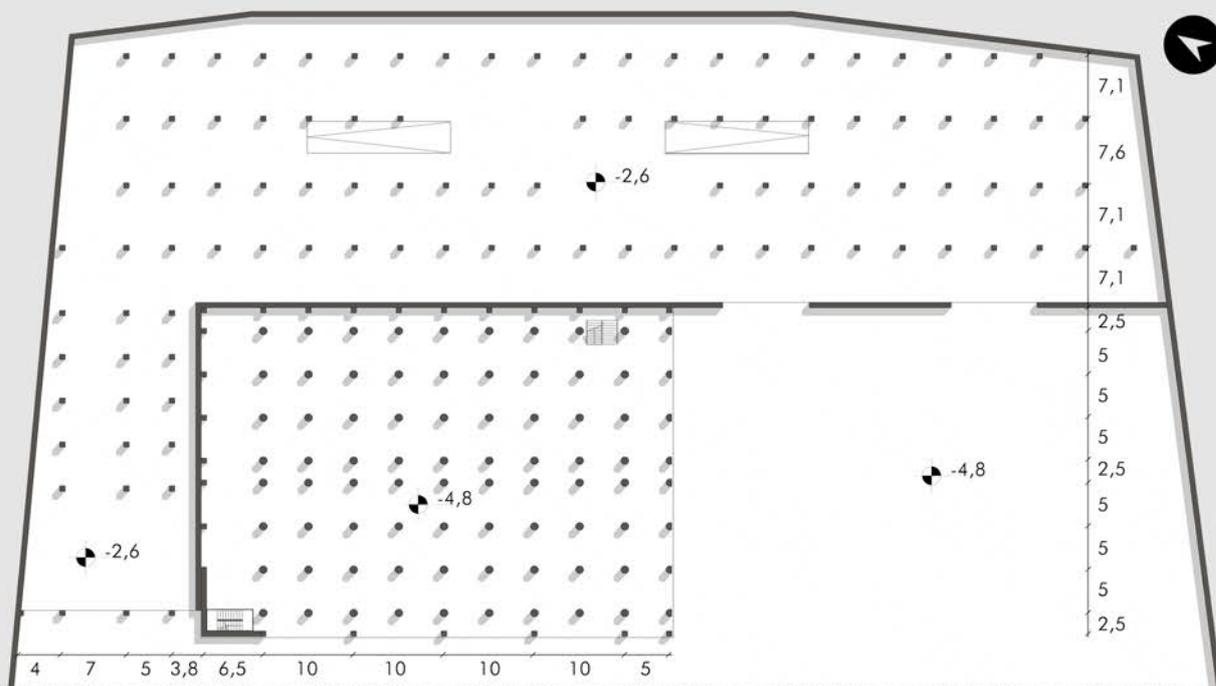
Prospetto urbano Sud - Est

- ↙ +33,4
- ↙ +25,9
- ↙ +20,9
- ↙ +15,9
- ↙ +10,9
- ↙ +5,9
- ↙ +0,9

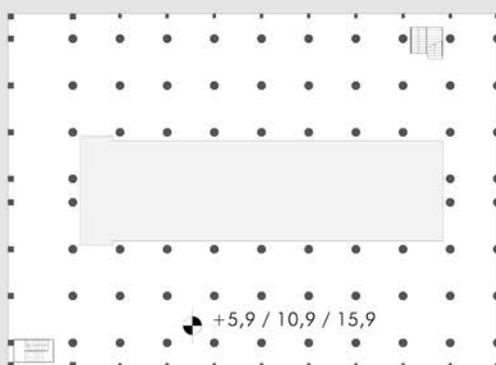


Vista assonometrica

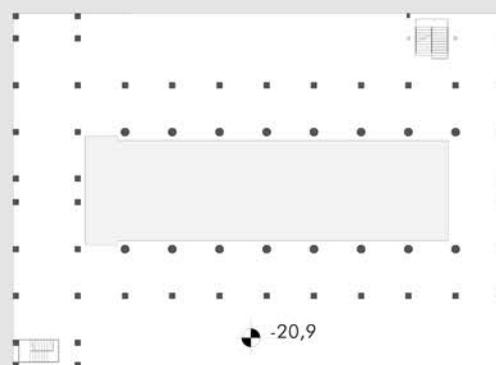




Stralcio della Pianta del Piano -1



Pianta tipo dei Piani +1/+2/+3



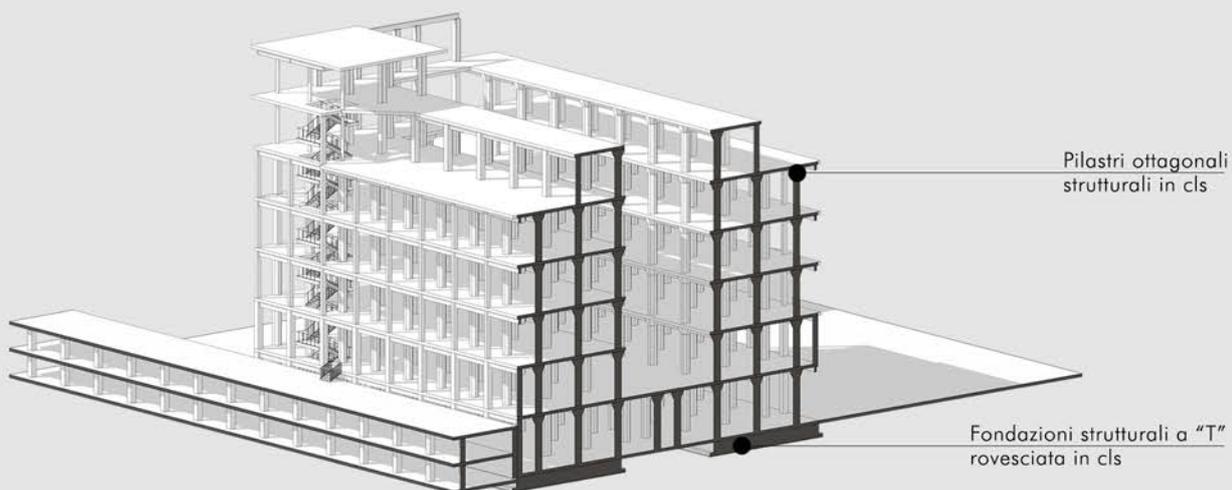
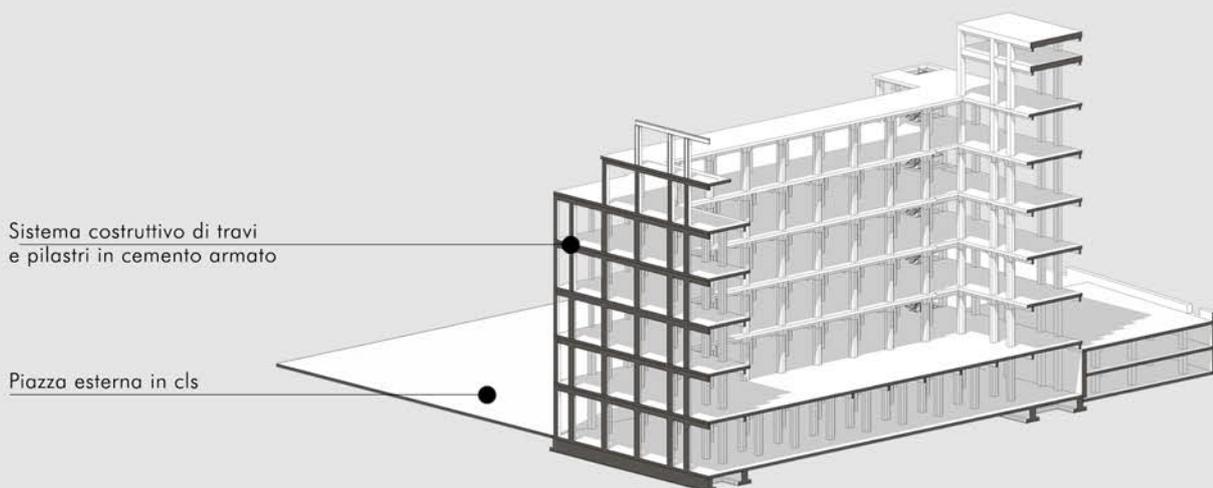
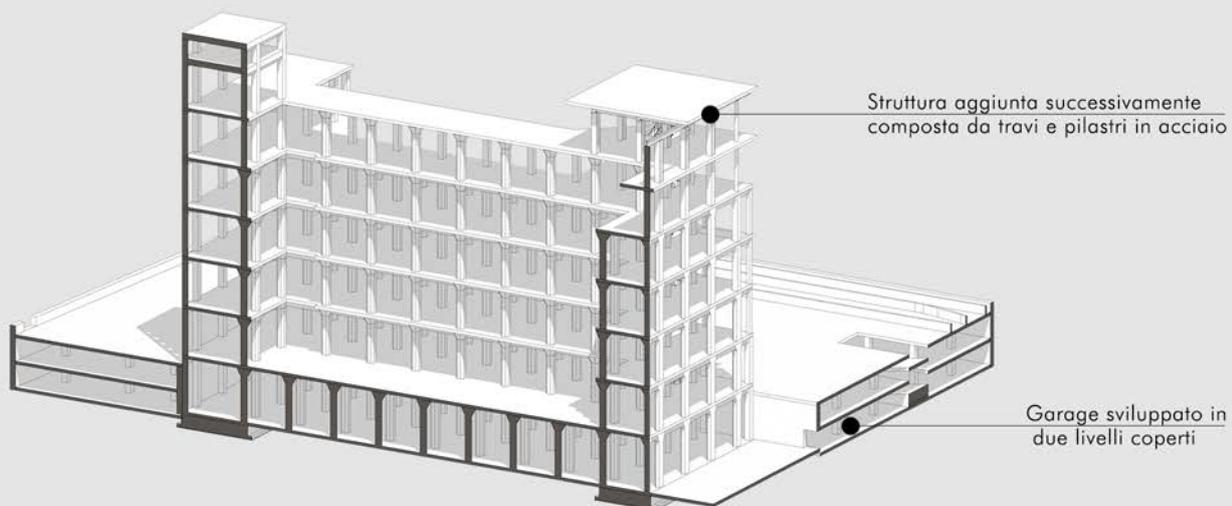
Pianta del Piano +4



Pianta del Piano +5



Pianta del Piano delle coperture



01.4 - Metodologia

01.4.1 - La raccolta dei dati

Riprendendo la prima agenda del **Parametricismo** - secondo la quale risulta fondamentale differenziare il proprio pensiero compositivo dal sistema unico tradizionale per abbracciare una concezione sistematica composta da associazioni scriptate da più sottosistemi interlacciati tra loro, viene formulata una metodologia basata sull'analisi delle relazioni che intercorrono tra l'involucro edilizio - e tutte le sue sottocomponenti, e le effettive esternalità che l'edificio commuta con l'ambiente nel quale insiste. Così come suggerito dalle odierne necessità del costruire, oltre che dalla terza agenda del Parametricismo - ossia la possibilità di sviluppare configurazioni articolate da molteplici chiavi di lettura e caratterizzate da una determinante sensibilità nei confronti delle variabili, si prepone alla definizione della metodologia, una focalizzazione completa sui fattori che guideranno lo sviluppo della strumentazione [13].

Nell'ottica di selezione della tecnologica impiegata nelle stratigrafie di tamponamento viene identificata una prima distinzione tra chiusure verticali opache e trasparenti, queste due componenti dell'involucro hanno metodologie di calcolo e caratteristiche molto diverse tra loro e necessiteranno di una struttura di calcolo diversa all'interno degli algoritmi. Viene deciso a priori di non considerare gli aspetti relativi agli elementi strutturali per non appesantire eccessivamente l'algoritmo e garantire una maggiore velocità di calcolo. L'obiettivo che si vuole perseguire tramite la composizione algoritmica è quello di ottimizzare

la scelta dei materiali delle partizioni opache – in quanto maggiormente responsabili delle caratteristiche relative alla sostenibilità, in base ai parametri che definiscono direttamente gli aspetti qualitativi delle performance energetiche, della sostenibilità ambientale ed economica dell'edificio. Vengono quindi identificati i parametri target da ottimizzare: la **trasmissione** (U), indice qualitativo dell'isolamento termico e conseguentemente delle prestazioni energetiche dell'edificio; il **costo** (€) relativo all'acquisto e all'assemblaggio dei materiali; l'**energia incorporata** (EE) nella produzione e nel trasporto dei materiali; la **CO2 incorporata** (EC) nella produzione dei materiali e nel loro trasporto, espressa in kg di anidride carbonica per kg di materiali come definito dal Global warming potential (GWP). Tramite un'analisi relativa lo stato dell'arte in Italia e le tecniche costruttive impiegate negli ultimi anni, vengono definiti gli elementi base che solitamente compongono una partizione opaca e si evince come le chiusure verticali opache vengano prevalentemente composte da: uno strato di tamponamento, identificato come la parte consolidante e stabilizzante della parete; una parte di isolamento termico, tendenzialmente agganciata allo strato di tamponatura sulla faccia esterna; i rivestimenti interni ed esterni, di cui il principale materiale costituente viene identificato nell'intonaco [71]. Risulta inoltre frequente l'impiego di un doppio strato di uno degli elementi costituenti la parete, all'interno del pacchetto.

Come parte fondamentale per iniziare a comporre l'algoritmo viene redatto un database di materiali da cui attingere ai dati. Per la raccolta dati viene impiegato un foglio Excel che, tramite specifici plug-in, trasmetterà i dati direttamente nello spazio Grasshopper agevolando notevolmente le eventuali fasi di

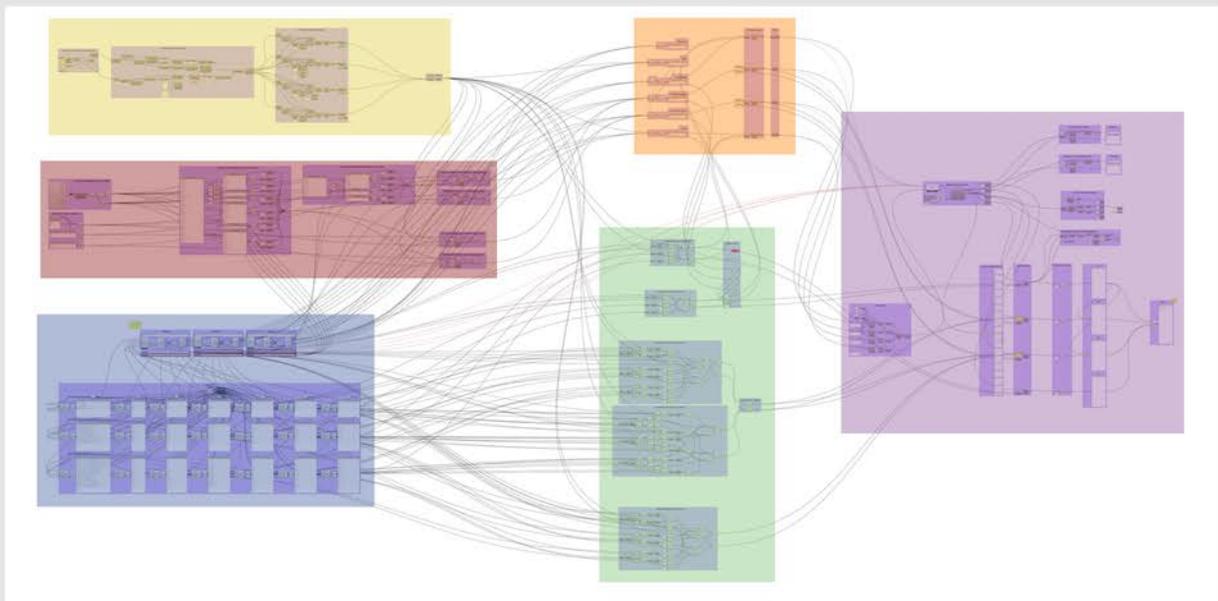
editing del database nel caso in cui si vogliono aggiungere, modificare o eliminare determinati materiali. Vengono selezionati i prodotti maggiormente utilizzati in Italia e provenienti dalle ditte produttrici più affermate e attualmente in attività nel paese. Si stila un elenco di materiali compilato tramite dati reperiti da diversi database provenienti da gruppi di ricerca Europei e schede tecniche dei materiali raccolti direttamente dalle ditte produttrici certificate da valutazioni ambientali i cui controlli sono stati condotti da parte di terzi come, ad esempio, le certificazioni EPD (Environmental Product Declarations). I materiali vengono divisi nelle tre macrocategorie che sono state definite: **tamponamento, isolamento e rivestimento**. Per ogni materiale vengono inoltre raccolti i dati necessari all'identificazione e al calcolo dei quattro valori target sopracitati che si è scelto di ottimizzare, e quindi: nome del materiale, relativa ditta produttrice e spessore nominale dell'elemento, considerando come materiali diversi due prodotti uguali ma di diverso spessore – e ottenendo di conseguenza una selezione più accurata nelle fasi finali del calcolo; oltre che il peso superficiale e la resistenza termica sono stati reperiti direttamente dalle schede tecniche delle relative ditte produttrici; i valori di energia e CO2 incorporata sono stati estrapolati dall'"ICE (Inventory of Carbon & Energy)", uno studio condotto dal gruppo di ricerca scientifico di Scienze ingegneristiche e fisiche dell'Università di Bath, che si prepone di indagare quale sia il reale impatto energetico ed ambientale nei principali materiali impiegati nell'edilizia [72]; per il costo al metro quadro, si è deciso di valutare sia il costo effettivo dei materiali, ricavato dalle rispettive schede tecniche, sia la manodopera necessaria all'installazione dei prodotti – i cui valori sono stati dedotti da diversi prezziari disponibili online.

Per gli aspetti ambientali relativi al **trasporto** viene stilata una lista dei rivenditori dei prodotti selezionati e per ogni rivenditore vengono associati i capoluoghi di permanenza. Data la natura prototipale dell'algoritmo il calcolo è puramente estimativo in quanto la disponibilità dei luoghi di rivendita dei materiali edili è spesso variabile e per questa ragione si è deciso di non approfondire eccessivamente l'accuratezza dei dati relativi alla distanza e alla collocazione effettiva di spazi che garantiscano la reperibilità dei materiali. Come eventuale sviluppo futuro della ricerca si potrebbe approfondire questo aspetto basando lo studio su fonti maggiormente affidabili come, ad esempio, gli studi condotti dal gruppo di ricerca e consulenza specializzata Matrec [73]. Vengono dunque definiti i valori relativi alla sostenibilità delle vetture riguardanti l'energia impiegata e i kg di CO₂ emessa per km con mezzi a pieno carico per camion leggeri (fino a 7.5t), camion pesanti (fino a 12t) e autoarticolati a 5 assi (per carichi fino a 25t) [74]. Come ultimo passaggio, si aggiunge all'interno del file Excel una tabella distanziometrica dei capoluoghi italiani, escludendo le isole in quanto necessiterebbe di mezzi di trasporto alternativi a quelli considerati. Viene infine creato un modello tridimensionale che rispetti le dimensioni e la geometria del caso studio nello spazio Rhinoceros sotto forma di solido Brep (Boundary representation). In ambiente VPL questo solido potrà essere modificato e gestito in qualsiasi maniera: selezionando solo alcune facce, escludendo parti di facciata dalla selezione, creando eventuali sagome all'interno dei componenti selezionati per simulare la presenza di eventuali bucatore. Una volta che si giungerà ad una fase meta-progettuale sufficiente basterà applicare tali modifiche al solido originale per individuare le porzioni del volume che descrivono le partizioni opache verticali del progetto.

01.4.2 - La selezione della tecnologia

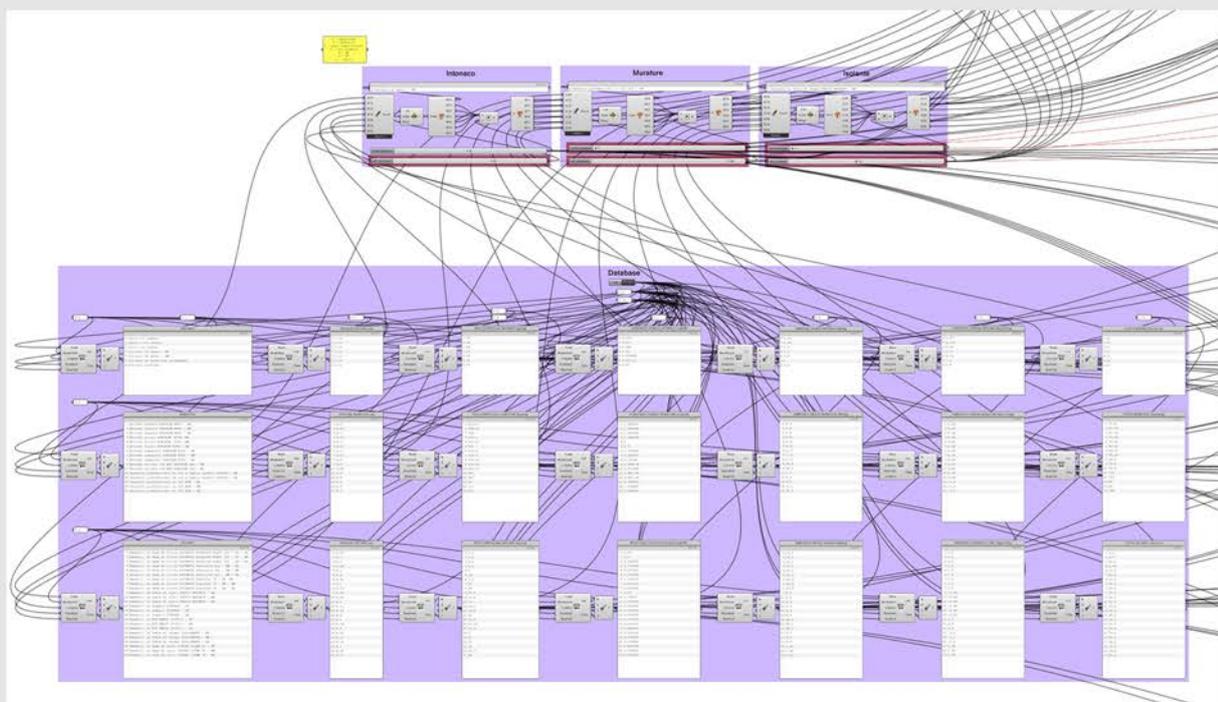
Per primo si pone in collegamento il database in Excel con l'ambiente VPL attraverso il plug-in Lunchbox, all'interno delle sue funzionalità aggiuntive vi sono infatti alcune componenti in grado di leggere determinate righe/colonne direttamente dai fogli Excel e di trasferirli come dati in output nello spazio Grasshopper. Per agevolare la lettura del **database** i dati in output vengono collegati a dei "Panel" che ne permettono la visualizzazione diretta in qualsiasi momento. In seguito, vengono disposti dei selettori che raccolgono in liste di dati i materiali e ne selezionano uno per ogni categoria (tamponamento, isolamento, rivestimento). Viene applicato un moltiplicatore su ogni selettore per includere la possibilità di calcolare più strati dello stesso materiale nella stratigrafia totale. A seguito delle appropriate macchinazioni viene estrapolato dal modello originale la porzione di superficie "Brep" che identifica le partizioni opache e di queste viene calcolata l'area. Tramite la geometria e i dati estrapolati dai selettori vengono calcolati i risultati totali della muratura selezionata tramite l'applicazione diretta delle formule fisiche per il calcolo dei parametri analizzati.

Con un procedimento simile a quello per la lettura del database viene stilata una lista dei capoluoghi limitrofi ai produttori di ogni materiale. I dati vengono confrontati con un selettore che permette di individuare il capoluogo all'interno del quale verrà sviluppata la progettazione. Di tutti i rivenditori di un singolo materiale viene selezionato il più vicino al capoluogo che ospita il progetto e vengono definite le distanze. Selezionando un materiale verrà dunque definita anche la distanza dal rivenditore più vicina di quel prodotto. Le distanze vengono moltiplicate direttamente ai valori di consumo di energia ed emissioni



L'algoritmo T.E.C.C. (Trasmittanza, energia, carbone e costo) e partizionamento dei gruppi costituenti l'algoritmo

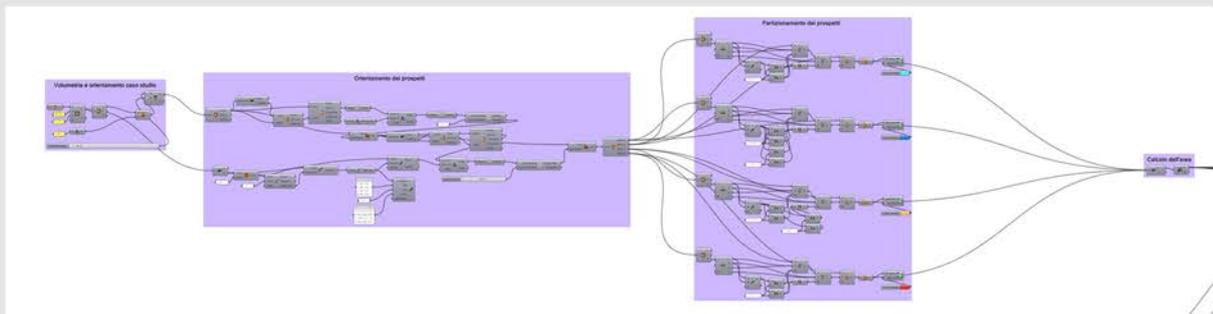
- Calcolo di EE, EC per i trasporti
- Risultati parziali
- Riconoscimento della geometria
- Ottimizzazione multi-fattore
- Database dei materiali
- Autodefinizione dei domini



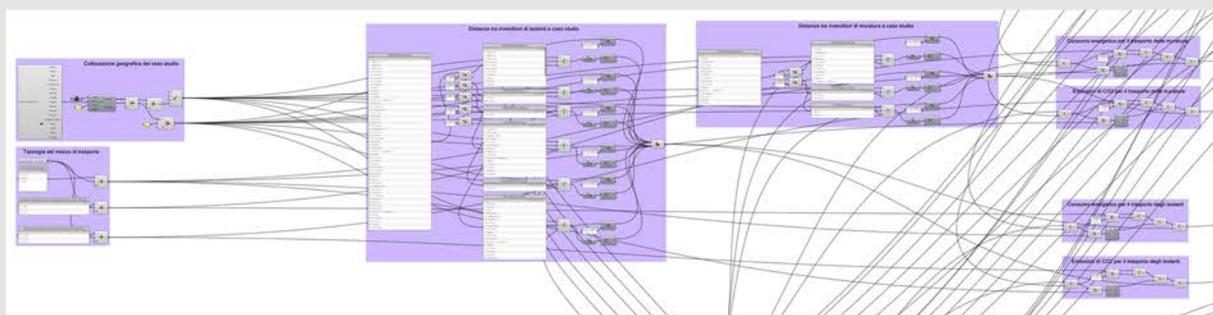
I selettori dei materiali (in alto) e il visualizzatore del database in Excel (in basso).

relative al **mezzo di trasporto** selezionabile (camion leggero, camion pesante, autoarticolato). Tramite il peso del singolo materiale si individuano il numero di mezzi di trasporto che verrà moltiplicato per il valore di consumo – energetico e ambientale, che verrà moltiplicato a sua volta per la distanza dal rivenditore più vicino. I valori in uscita vengono sommati alla EE ed EC impiegati nelle fasi di estrazione e produzione. A questo punto l'algoritmo è in grado di calcolare automaticamente spessore, peso, costo, trasmittanza, energia e CO2 incorporata (nelle fasi di produzione, estrazione e trasporto) per ogni tipo di muratura componibile dai materiali presenti nel database - con eventuali doppi strati, semplicemente selezionando i materiali dai selettori, tramite slider numerici.

Vengono identificati come parametri liberi lo **spessore** ed il **peso totale** che, influiranno parallelamente sugli altri parametri, ma non prenderanno parte alla fase di ottimizzazione multi-fattore. Prima di connettere il database all'intelligenza artificiale risulta fondamentale normalizzare i domini all'interno dei quali risiedono i parametri da ottimizzare in modo che il calcolatore affidi ad ognuno di essi lo stesso peso. Risulterebbe sproporzionato ottimizzare due fattori i cui domini mostrino un delta troppo differente tra loro, per questa ragione ogni parametro da ottimizzare viene riportato in un dominio compreso tra 0 e 1. Nelle prime versioni dell'algoritmo i domini vengono definiti mediante l'utilizzo della funzionalità Galapagos, un calcolatore evolutivo capace di selezionare un singolo risultato a seguito di numerosi calcoli atti a ottimizzare un determinato parametro. Questo processo imponeva l'obbligo di ricalcolare ogni minimo e massimo possibile all'interno dei quattro parametri ogni qual volta si aggiornava con nuovi materiali il database, o si modificava uno



La selezione della geometria da analizzare e il partizionamento dei prospetti.



I selettori di mezzo di trasporto e di collocazione del caso studio (a sinistra) e il database relativo ai rivenditori delle diverse marche di prodotti (a destra)



Camion leggero (7.5t di carico)

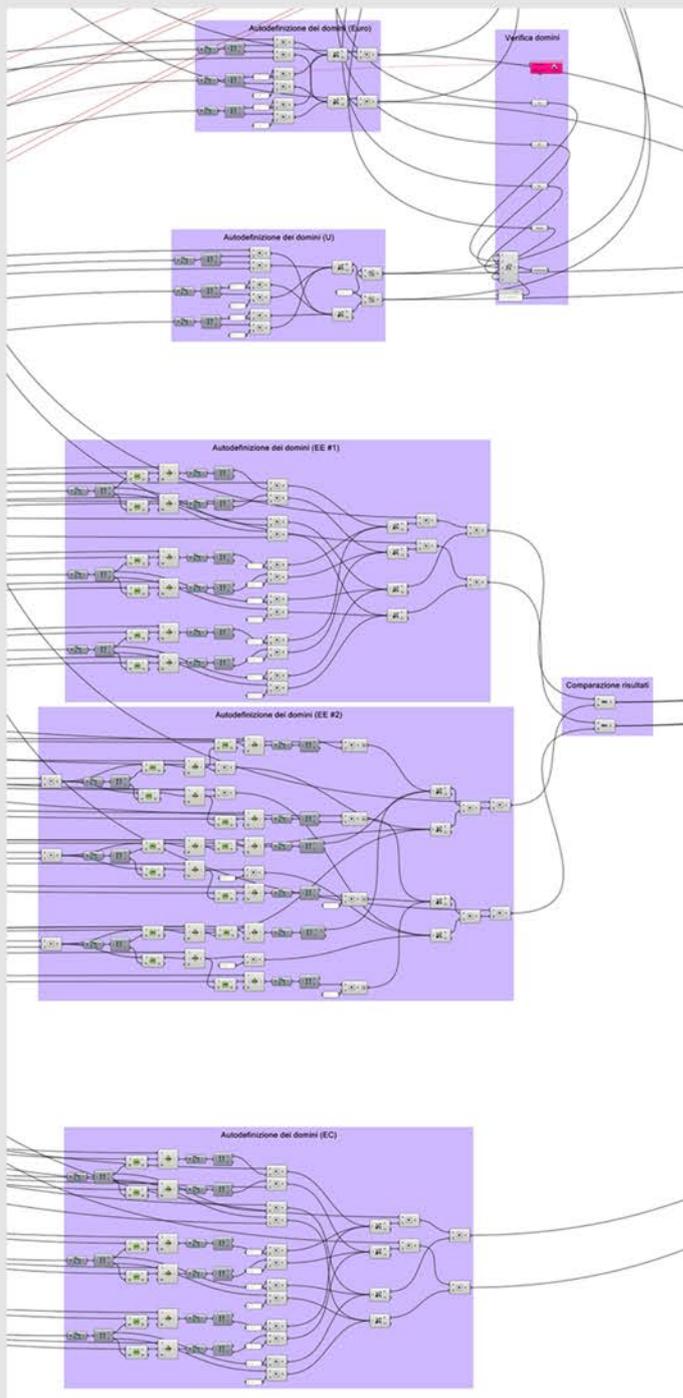


Camion pesante (12t di carico)



Autoarticolato pesante (25t di carico)

dei valori in esso contenuti. In seguito, questo processo è stato automatizzato in modo da poter modificare liberamente i dati presenti nel database senza dover aggiornare i domini ad ogni modifica. Per permettere l'aggiunta di questa funzionalità all'algoritmo è stato necessario definire delle strategie di calcolo per individuare rispettivamente il minimo ed il massimo valore possibile e selezionabile dai materiali di cui è composto il database per ognuno dei parametri che si è voluto ottimizzare. Per l'autodefinizione del dominio relativo alla **trasmissione termica** (U) la strategia si è basata sulla selezione dei materiali dalle resistenze termiche maggiori e minori i cui valori sono stati moltiplicati rispettivamente per l'accostamento di un singolo o un doppio strato. Per l'autodefinizione del dominio relativo al **costo** (€) si è proceduto mediante la stessa metodologia. L'autodefinizione del dominio relativo alla **CO2 incorporata** (EC) è risultato maggiormente articolato in quanto è stato necessario prevedere una metodologia che includesse sia il peso superficiale del materiale che il suo valore di "embodied carbon" in quanto strettamente correlati. Questo dominio inoltre prevede la presenza di possibili valori negativi in quanto esistono numerosi materiali di origine vegetale capaci di assorbire più CO2 durante il loro ciclo di vita rispetto a quella che viene emessa durante la loro produzione [72]. Viene considerato il valore di EC come maggiormente indicativo. Una volta assunti i valori minimi e massimi di CO2 incorporata per ogni categoria, l'algoritmo provvede a selezionare le categorie dal peso superficiale più alto dei materiali utilizzati per il calcolo finale. Per entrambi i limiti del dominio vengono presi in considerazione solo i materiali dal peso maggiore in quanto il limite minimo risulta negativo e una maggiore pesantezza comporta di conseguenza un incremento della riduzione di CO2 nell'atmosfera. Secondo la stessa logica



Autodefinizione dei domini per i parametri da ottimizzare.

viene previsto un raddoppio dei valori in modo da considerare anche un eventuale doppio strato dei materiali. Per il calcolo dell'**energia incorporata** (EE) non è stato possibile replicare il medesimo ragionamento in quanto i minimi rintracciabili non sono mai negativi ed il peso superficiale assume un'importanza maggiore, questo comporta la necessità di prevedere metodi alternativi per la definizione del dominio. Il metodo impiegato per la CO2 incorporata risulta tuttavia particolarmente performante per calcolare il minimo del dominio relativo all'energia incorporata. Viene dunque definita una metodologia di calcolo alternativa per la definizione del limite massimo del dominio e viene infine interlacciata con quella iniziale in modo che entrambi i metodi siano in grado di fornire risultati ottimali sia per un limite che per l'altro. Il secondo metodo utilizzato mette in correlazione diretta i valori di energia incorporata e di peso, unendoli in un'unica lista dai valori unificati. Dalla nuova lista generata vengono selezionati gli indici relativi ai valori minimi e massimi, che vengono nuovamente comparati ai valori di energia incorporata di ogni materiale. Questa strategia permette di selezionare i materiali in grado di impattare maggiormente nel campo dell'energia tenendo strettamente in considerazione anche il peso del prodotto. Per l'indagine relativa ai massimi di dominio i materiali sono stati infine raddoppiati per prevedere un eventuale raddoppio della stratigrafia. L'affidabilità di queste strategie per la definizione dei valori è stata verificata come congruente alle metodologie di calcolo eseguite tramite il calcolatore evolutivo Galapagos e ritenute per questo valide.

I domini dei quattro parametri di riferimento vengono infine normalizzati per poter essere sottoposti all'**ottimizzazione multi-fattore**. La normalizzazione definisce quattro indici – uno per ogni parametro, dal valore compreso tra 0 e

I che descrivono le performance di ogni composizione stratigrafica selezionata. Il plug-in Wallacei X è un calcolatore evolutivo multi-obiettivo capace di ottimizzare determinati target, denominati "Genes", tramite simulazioni composte sulle possibili combinazioni evidenziate dai selettori slider, denominati "Fitness Objectives". Il plug-in è particolarmente improntato sul permettere all'utente di comprendere in modo approfondito il funzionamento del calcolatore evolutivo, garantisce inoltre molteplici possibilità di analisi e scelta delle soluzioni elaborate. In fase di ottimizzazione viene richiesto come input un fenotipo, o "Phenotype", inteso come una rappresentazione graficizzata del rapporto tra i risultati dei diversi parametri. Dovendo ottimizzare quattro parametri, nello sviluppo della tesi si utilizzerà un rombo costituito da quattro distanze ortogonali da un centro comune che rappresentano l'andamento normalizzato dei diversi fattori. Una minore eccentricità evidenzia un valore crescente nel parametro, e viceversa.

Gen: 22 | Ind: 4

FV. 1 : 0

FV. 2 : 3.3193e-7

FV. 3 : 0.572107

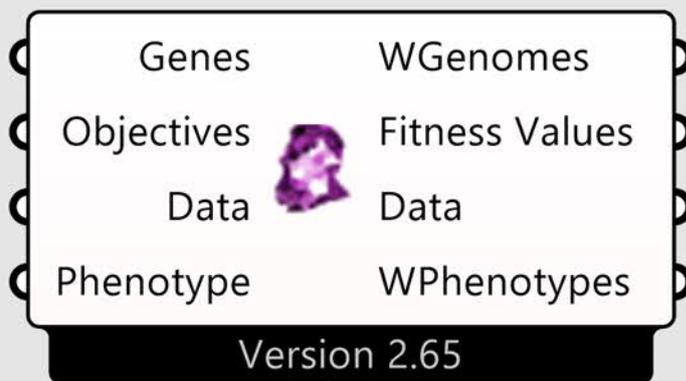
FV. 4 : 0.120916



Esempio di fenotipo utilizzato.

Data la notevole differenza di dominio che intercorre tra l'energia e la CO₂ incorporata rispetto ai domini relativi al costo e alla trasmittanza, viene organizzata una scala metrica di punti sui quali i vertici possono essere inseriti in modo di mostrare sempre una distanza seppur minima dal centro; in caso contrario i vertici relativi all'EE ed all'EC risulterebbero quasi sempre corrispondenti al centro – o quasi, in quanto i domini di massimo non verrebbero

tendenzialmente considerati mai nella fase di ottimizzazione. A seguito delle computazioni composte sull'algoritmo NSGA-2 il calcolatore permette di visualizzare ed ordinare le soluzioni tramite diverse configurazioni. Oltre alla possibilità di indagare le soluzioni più performanti in ognuno dei parametri, il plug-in permette di analizzare i risultati mediante diverse metodologie basate sulle ripetizioni e le medie dei valori ottenuti nell'elaborazione dei calcoli per ogni "Fitness objective". Una volta selezionati, i diversi risultati vengono estrapolati dal plug-in in forma numerica e grafica, tramite i fenotipi.



La componente Wallacei X.

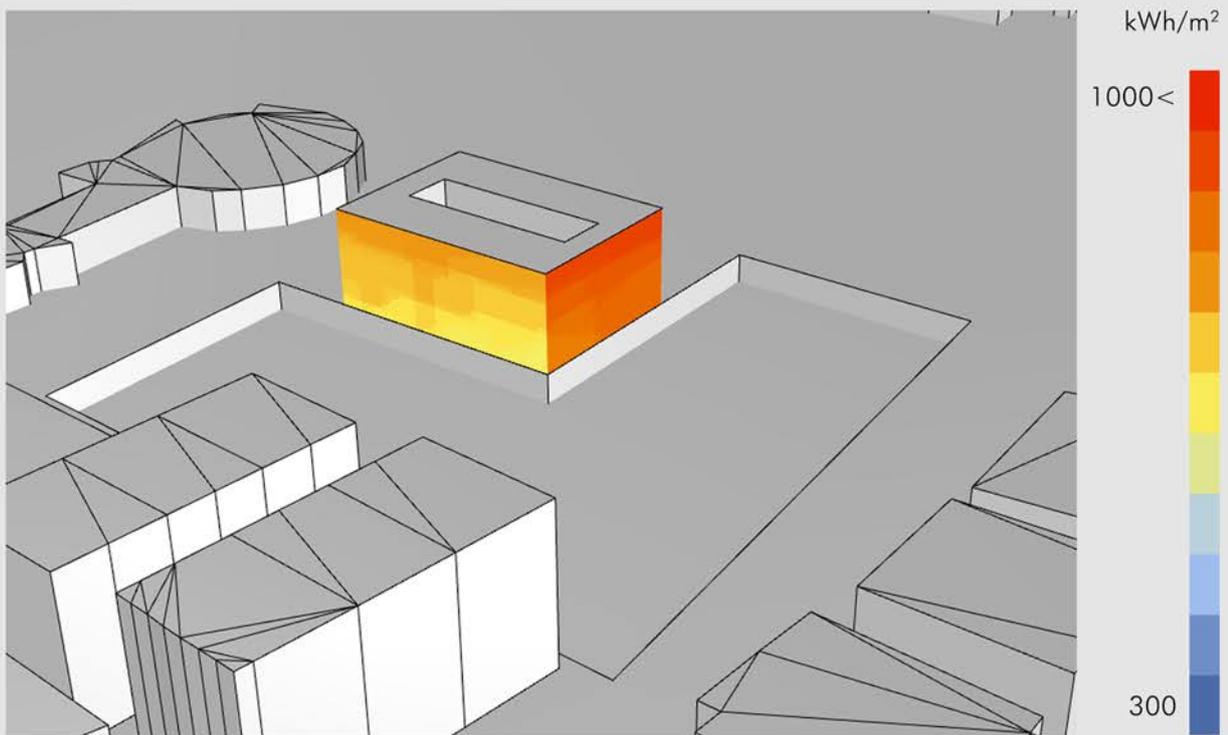
Wallacei X è stato programmato appositamente per agevolare la fase di lettura e valutazione dei risultati permettendo all'utente di accedere e visualizzare i big data considerati sotto diversi punti di vista. Risulta quindi fondamentale comporre una strategia di selezione dei risultati che sia logica e coerentemente in linea con il resto della ricerca. All'interno dell'interfaccia del plug-in è possibile selezionare i risultati più performanti attraverso diverse strategie metodologiche, tra quelle ritenute più valide e dunque impiegate ci sono: le soluzioni che risultano più ottimali per ogni Fitness Value – che però sbilanciano i risultati verso soltanto uno dei parametri; il metodo K-Value –

avvalendosi di una componente algoritmica interna di Machine Learning garantisce la possibilità di clusterizzare un determinato risultato e quindi esaminare quelli “vicini” ad una determinata soluzione; il metodo della media dei valori assegnati ai Fitness Value – ritenuto uno dei più validi, seleziona il risultato formulato dalle combinazioni avvenute più di frequente garantendo una soluzione equamente ottimizzata per ogni parametro, questo verrà utilizzato per determinare almeno le prime quattro soluzioni identificate come più performanti; il metodo Pareto Front – essendo un calcolatore evolutivo, in via teorica, ad ogni nuova generazione di risultati l’ottimizzazione si incrementa sempre di più fino a raggiungere un picco di massimo, si deduce logicamente che tra gli ultimi risultati calcolati possano essercene di particolarmente efficaci [49].

Esternamente al plug-in vengono elaborati due tipologie di selettori differenti per identificare i risultati dalle caratteristiche più performanti in termini di sostenibilità: il primo identifica il fenotipo dall’**area minore** secondo la logica per cui più piccolo è il rombo più sostenibile, economica e performante è la conformazione; il secondo, ritenuto più affidabile, evidenzia il rombo con la **minore somma** delle distanze di ogni parametro. Vengono definite diverse metodologie di lettura dei risultati testuali in modo da interpretare più facilmente i dati. Viene infine integrata una componente in grado di segnalare le eventuali stratigrafie che non rispettano la normativa relativa ai requisiti minimi della trasmittanza termica del 2015 [75], questa verrà in ogni caso ricalcolata in modo più approfondito a seguito dell’ottimizzazione tramite fogli di calcolo specifici e verifica alla condensa tramite diagramma di Glaser.

01.4.3 - Analisi ambientali

Ad esplicito scopo illustrativo di come una strumentazione VPL che incorpori l'elaborazione di algoritmi generativi riesca a gestire la modellazione dei componenti edilizi in modo da ottimizzarne determinati aspetti, si procede verso la creazione di algoritmi di natura prototipale, in grado di definire gli aspetti morfologici della copertura e delle schermature solari del caso studio. Vengono in primo luogo approfonditi gli aspetti geometrici-spaziali del volume sul quale verranno applicati gli oggetti modellati parametricamente. Anche in questo caso viene riportato in spazio VPL il modello volumetrico in scala del caso studio e viene disposto tramite il corretto orientamento rispetto all'asse Y positivo, identificato come Nord dai plug-in destinati a condurre le valutazioni climatiche. Al modello di analisi verranno aggiunti dei solidi volumetrici approssimativi che descrivano il contesto all'interno del quale è collocato l'edificio in modo che gli edifici prospicienti al caso studio vengano presi in considerazione in fase di calcolo. Per permettere agli algoritmi di considerare i dati climatici relativi all'esatta collocazione del caso studio verranno infatti impiegati i plug-in Ladybug e Honeybee. Per funzionare, questi strumenti, necessitano di dati meteo in formato ".epw", ossia il formato originale di Energy Plus, uno dei più famosi ed utilizzati software di simulazione termica e **diagnosi energetica** in regime dinamico per gli edifici [44]. I file sono di facile reperibilità online e per la ricerca relativa al caso studio in questione vengono utilizzati quelli provenienti dalla centrale meteorologica di Ciampino in quanto più vicina al lotto di progetto. Il rivestimento della copertura e delle schermature non è stato volutamente preso in considerazione all'interno dell'algoritmo di selezione della tecnologia in quanto responsabile dell'effettivo impatto estetico e



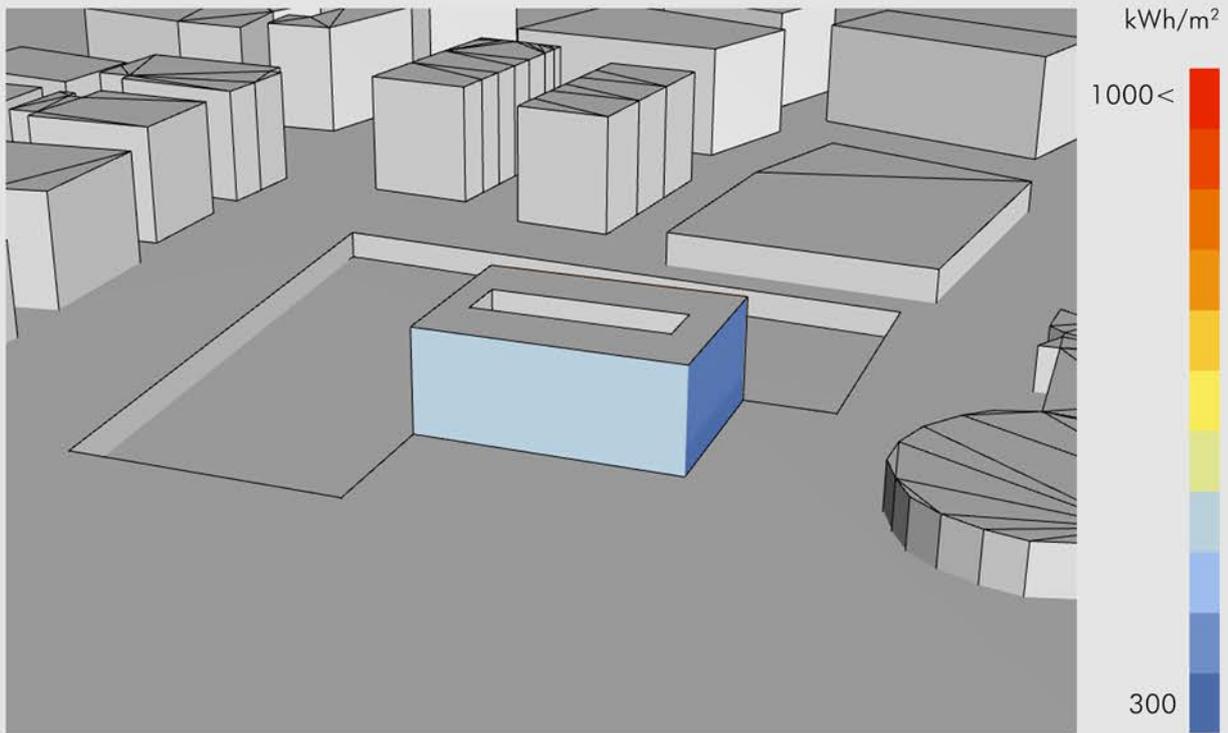
Visualizzazione aerea del modello di analisi da Sud-Ovest.



Visualizzazione aerea del caso studio e del suo contesto da Sud-Ovest.

formale dell'edificio e verrà arbitrariamente scelto dai progettisti.

Per quel che concerne la **copertura**, una volta sgomberato l'ultimo piano da rimanenze e aggiunte postume alla struttura originale, questo apparirà con la medesima conformazione dell'impianto originale evidenziando un arretramento di due unità strutturali della parte centrale dei fronti più lunghi che fanno spazio a due grandi terrazze. Già nelle prime fasi di approccio alla modellazione si decide di definire solamente il volume generale che occuperà la copertura, senza verificare o definire parametricamente gli aspetti e gli elementi strutturali. Come primo passaggio ci si orienterà verso la generazione della superficie prototipale della copertura per verificarne l'ombreggiamento e il passaggio della luce. Per fare in modo che la copertura risponda coerentemente alla necessità dell'edificio vengono individuati dei target che si punta ad ottimizzare per ottenere una chiusura efficiente e in grado di incrementare determinati valori prestazionali e di comfort degli ambienti interni ed esterni dell'edificio. Parallelamente con le prime fasi di sviluppo del metaprogetto viene deciso di permettere il passaggio della luce diretta attraverso la corte interna del caso studio e su questo principio viene definito il primo parametro da ottimizzare: la quantità di ore di luce diretta sulle superfici costituenti la corte ed il cortile interno al caso studio. A maggiori ore di luce diretta su una superficie corrisponde un maggiore risparmio energetico in termini di apporti di calore e di visibilità non dipendente dai sistemi di illuminazione elettrica. Il secondo target viene formulato in previsione del posizionamento di un sistema fotovoltaico posto in copertura che possa migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio tramite un accesso diretto alle fonti rinnovabili. Il target da ottimizzare verrà identificato dunque nel



Visualizzazione aerea del modello di analisi dal fronte Est.



Visualizzazione aerea del caso studio e del suo contesto dal fronte Est.

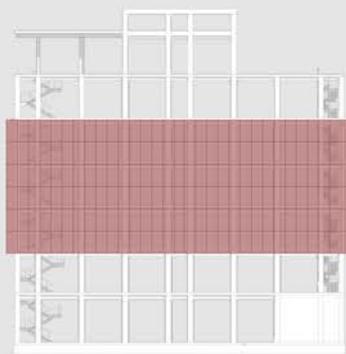
quantitativo di radiazione solare incidente diretta che incontra la copertura. Si presterà inoltre particolare attenzione a non irradiare direttamente la copertura vetrata che verrà utilizzata come chiusura della corte interna per evitare fenomeni di surriscaldamento piuttosto frequenti nel Lazio e nello specifico a Roma. Il terzo target su cui verrà indirizzato l'algoritmo sarà quello di massimizzare la radiazione sulle terrazze per permettere la piantumazione di alcune specie arboree, minimizzando invece la radiazione incidente sulla copertura del quinto piano. Il calcolatore evolutivo selezionato inizierà a modellare ed analizzare migliaia di forme diverse, migliorando ad ogni simulazione i risultati relativi alla radiazione solare incidente e al quantitativo di ore di luce diretta nella corte interna. Ci si riserva, in fase di selezione dei risultati, di orientare la scelta finale del modello anche in base al fattore estetico e non solo in base ai risultati ottenuti. L'aspetto formale del progetto è arbitrariamente definito come target secondario ma che va comunque considerato quando si opera all'interno della modellazione degli elementi che andranno a costituire il progetto definitivo.

Per la modellazione delle **schermature** si utilizzerà un approccio differente: una volta disposto il modello di studio si svolgerà un'analisi preliminare quantitativa e qualitativa sulla radiazione luminosa incidente annua sui prospetti dell'edificio, compresa di eventuali ingombri dati dal contesto. All'interno di questa prima fase sarà possibile osservare accuratamente in che modo l'edificio si rapporta, a livello ambientale, con gli edifici preesistenti che insistono nel contesto. Ci si orienterà dunque verso una tipologia di schermatura adattiva in grado di adempiere alle diverse necessità che ogni prospetto esternalizzerà in fase di analisi. Essendo il materiale selezionato l'acciaio corten si procede

con una prima ipotesi di clusterizzazione delle facciate che combini un minor numero possibile di pannelli diversi tra loro e una corrispondenza con il corpo strutturale preesistente dell'edificio. La scelta ricadrà dunque su una pannellatura in acciaio con diverse percentuali di foratura che potrà essere gestita mediante una modellazione parametrizzata. La prima fase di suddivisione delle facciate viene condotta in modo analitico - e non automatizzato, in quanto la struttura dell'edificio è asimmetrica e irregolare. La gestione della percentuale di foratura per ciascun pannello verrà invece automatizzata e gestita nello spazio VPL. Per ragioni compositive si decide di escludere il piano terra e l'ultimo piano dal sistema di schermature, entrambi i piani verranno trattati diversamente nella gestione della radiazione solare incidente diretta.



Pannellizzazione delle schermature sui fronti lunghi.

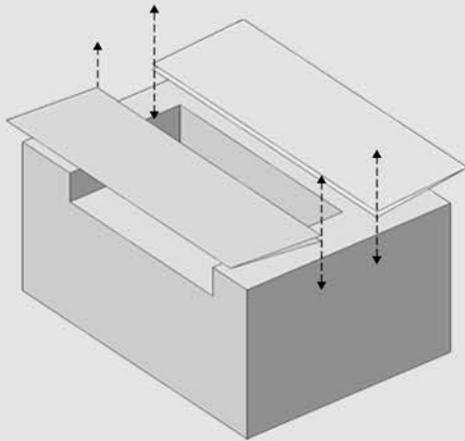


Pannellizzazione delle schermature sui fronti corti.

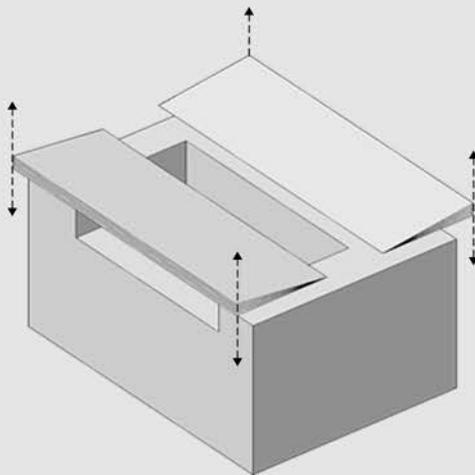
01.4.5 - Modellazione della copertura

Come anticipato in precedenza per la modellazione della copertura vengono presi in considerazione alcuni parametri di fondamentale necessità per la generazione di una chiusura orizzontale performante e adattiva alle emergenze del contesto in cui verrà collocata. Dopo aver definito una strategia progettuale per il coronamento dell'edificio, si prende in considerazione l'ipotesi di impiegare due coperture poste longitudinalmente rispetto al caso studio, collocate in corrispondenza dei fronti più lunghi. Si prevede l'eventualità di utilizzare delle coperture inclinate per favorire il raccoglimento delle acque piovane e che queste siano in grado di aggettare verso l'esterno per garantire una possibile maggiore schermatura. Vengono dunque definiti i cosiddetti parametri liberi con cui l'algoritmo avrà modo di effettuare le diverse simulazioni, ogni parametro avrà un dominio specifico derivato dai limiti all'interno dei quali la copertura potrà essere generata e che verranno definiti dall'utente in base a scelte formali e logistiche. L'**altezza minore** – in corrispondenza della corte interna, ad esempio, verrà individuata ad una quota compresa tra i tre ed i cinque metri di altezza dall'ultimo piano delle coperture. L'**aggetto massimo** consentito – per ragioni di fattibilità strutturale, viene mantenuto tra gli zero e i tre metri dai bordi esterni dell'edificio. L'**altezza massima** non supererà mai i cinque metri di altezza per mantenere una coerenza proporzionale con la compartimentazione dell'edificio, viene inoltre resa possibile la generazione di coperture piane, nel caso queste risultino più performanti di quelle inclinate.

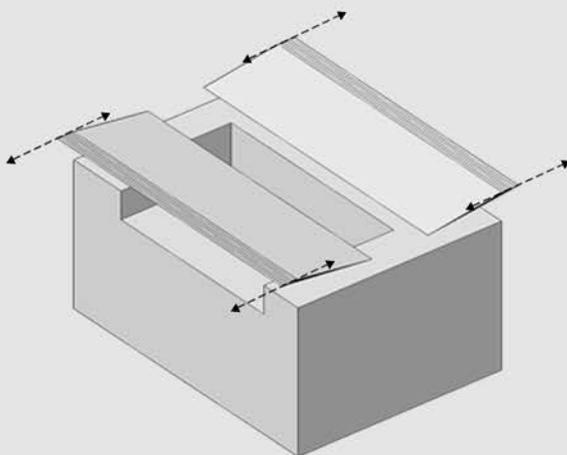
La definizione dei target da ottimizzare deriva direttamente da determinate scelte che vengono compiute in fase meta-progettuale e da altre poste a priori dalla progettazione. Tra le prime



Altezza interna della copertura.

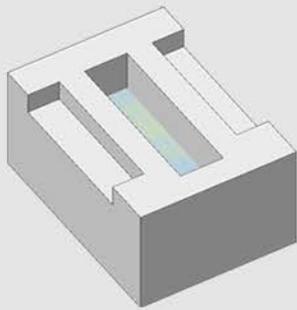


Altezza esterna della copertura.

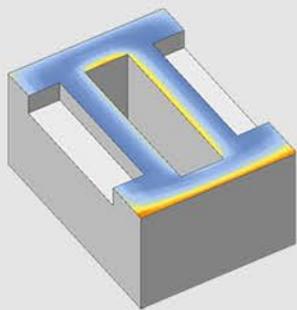


Aggetto massimo della copertura.

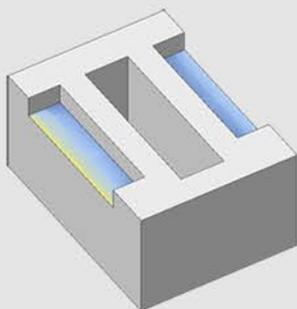
valutazioni vi è una divisione funzionale delle superfici che la copertura dovrà andare a schermare: le due terrazze al quarto piano verranno rivestite da un manto erboso compreso di alcune essenze arboree e necessiteranno dunque di una radiazione luminosa diretta che permetta la crescita e lo sviluppo delle piante. Su questo fattore viene posto il primo target da ottimizzare. La copertura del quarto piano viene prevista come visitabile e necessiterà quindi di una schermatura per evitare il surriscaldamento nei periodi estivi apponendo così il secondo target da ottimizzare per l'algoritmo. Per evitare fenomeni di surriscaldamento interno si inserisce anche la copertura vetrata della corte interna tra le superfici su cui evitare il più possibile la radiazione solare diretta. Come ultimo target, in previsione dell'installazione di un sistema fotovoltaico integrato sulla copertura, l'algoritmo viene impostato per ottimizzare la radiazione solare diretta sulle superfici costituenti le coperture parametrizzate. Tutte le analisi climatiche condotte verranno effettuate attraverso i già citati plug-in Ladybug e Honeybee attraverso i dati "epw" relativi alla stazione meteorologica di Ciampino. Una volta definiti, modellati e impostati i target, l'algoritmo sarà libero di muovere le altezze, gli oggetti e l'angolo di rotazione nei limiti prestabiliti per trovare le soluzioni che maggiormente riusciranno ad ottimizzare i goal attribuiti. Una volta che il calcolatore evolutivo avrà definito le migliori configurazioni possibili per le coperture, verrà determinata la morfologia finale delle coperture e questa verrà ritrasferita nello spazio BIM. In questa fase risulta superfluo adoperare strumentazioni di interoperabilità come i plug-in già citati in quanto l'output finale dello script che modella le coperture fornirà fundamentalmente le due superfici che andranno a identificare l'ingombro delle coperture finali, queste potranno facilmente essere replicate nello spazio BIM.



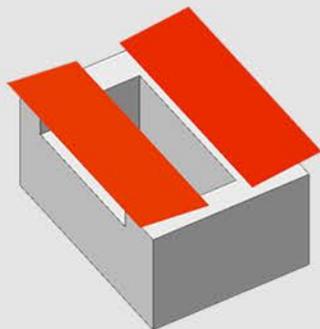
Target 1: Radiazione solare incidente sulla copertura vetrata della corte interna.



Target 2: Radiazione solare incidente sulla terrazza del rooftop.



Target 3: Radiazione solare incidente sulle terrazze del quarto piano.



Target 4: Radiazione solare incidente sulle coperture.

01.4.5 - Modellazione delle schermature

Dopo aver disposto le simulazioni relative alla **radiazione solare** che annualmente incide sulle superfici della volumetria di analisi vengono analizzate le mesh risultanti che cromaticamente mostrano le zone maggiormente e minormente esposte in ogni prospetto. Dalla prima fase di analisi si osserva come i fronti Sud e Ovest siano quelli più irradiati oltre che quelli maggiormente influenzati dagli edifici prospicienti al caso studio, questi sono infatti di altezza e vicinanza maggiori nei versanti Sud e Ovest. Ad Est dell'edificio l'area è relativamente libera da eventuali ingombri e la radiazione appare infatti come omogenea in quasi tutto il fronte. A Nord è presente soltanto un leggero ingombro che non influisce tuttavia particolarmente sul prospetto che mostra la minore radiazione solare incidente. Dopo aver estrapolato le immagini relative ai prospetti dalla piattaforma Rhino, queste vengono ricondotte su un apposito software di fotoritocco per processarle da una scala cromatica – di default nel plug-in Ladybug, a un bianco e nero che attribuisca una determinata entità di grigio in base al colore corrispondente. Questo processo sarà utile in seguito, quando le immagini relative alle simulazioni climatiche verranno associate a determinati parametri connessi alla modellazione delle schermature come, ad esempio, la dimensione dei fori che verranno applicati ai pannelli.

Vengono dunque selezionati i pannelli definiti lungo le facciate del caso studio e su di essi viene applicata una griglia di punti equidistanti nelle due direzioni delle superfici. Le griglie di punti sono disposte lontane dai margini di ogni pannello per evitare interferenze tra bordi e forature. I pannelli e le griglie di ogni prospetto vengono dunque associate alle rispettive



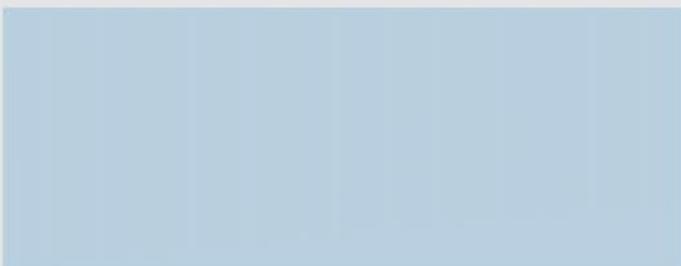
Analisi della radiazione incidente sul fronte Sud.



Analisi della radiazione incidente sul fronte Ovest.



Analisi della radiazione incidente sul fronte Nord.

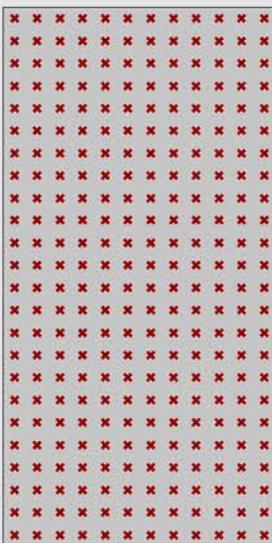


Analisi della radiazione incidente sul fronte Est.



simulazioni climatiche in scala di grigi. Il software estende l'immagine a seconda del dominio voluto – in questo caso corrispondente alle dimensioni della pannellatura in ogni prospetto, e applica un valore, compreso tra 0 e 1, ad ogni punto proiettato sulla superficie. In questo modo l'algoritmo andrà ad attribuire un valore ad ogni punto presente in ogni griglia in base al colore corrispondente nell'analisi climatica: più l'area è scura – e quindi maggiormente irradiata, più vicino allo 0 sarà il valore attribuito ai punti collocati in quell'area. I punti vengono dunque associati al centro di circonferenze il cui raggio è definito dal diametro massimo voluto per i fori: l'algoritmo punterà soltanto a ridurre le circonferenze nelle zone maggiormente irradiate in quanto il valore massimo che potrà attribuire è 1. I valori attribuiti ai punti vengono infatti utilizzati come fattore di scala per le circonferenze che adesso imiteranno le caratteristiche contenute nelle simulazioni direttamente sui pannelli. Prima di associare direttamente i valori ottenuti dalle immagini con il ridimensionamento dei fori i valori vengono arrotondati e inseriti in un dominio variabile che permette di regolare arbitrariamente la sensibilità con la quale l'algoritmo riduce le circonferenze. L'algoritmo adesso genera fori di dimensioni standardizzate e regolabili in base ai parametri ambientali desiderati. In un'ottica conservativa viene infine disposta una riduzione casuale dei fori applicati ai pannelli per migliorare ulteriormente le capacità schermanti dei pannelli, vengono eliminati rispettivamente 2500 fori dai prospetti più corti e 4000 dai prospetti più lunghi.

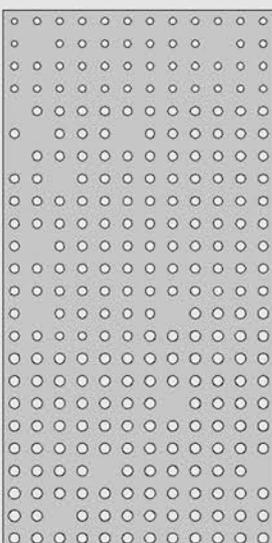
Una volta definito con precisione il rapporto voluto tra la radiazione incidente e il dimensionamento dei fori in modo da gestire il fattore di ombreggiamento a seconda delle necessità l'algoritmo potrà essere messo in connessione diretta con il modello di progetto



Griglia di punti

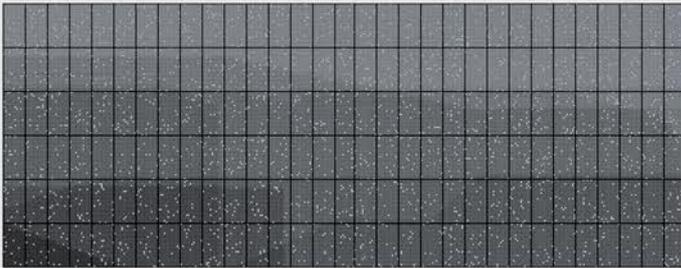


Radiazione solare incidente



Schermature micro-forata

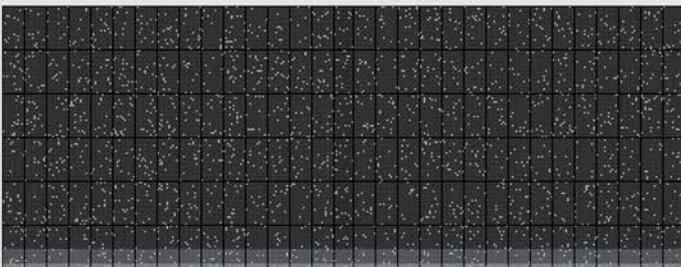
attraverso il plug-in Rhino.Inside. Una volta definiti i punti di ancoraggio e il corretto orientamento dei pannelli nei confronti del modello di progetto, questi potranno essere visualizzati direttamente nello spazio BIM come anteprima di visualizzazione antecedente all'importazione. Per rappresentare graficamente nel modo corretto le schermature viene infine aggiunto un breve script che permette di aprire secondo determinate configurazioni alcuni pannelli. Si decide di non importare direttamente il modello tramite Rhino.Inside in quanto la geometria particolarmente complessa delle schermature potrebbe appesantire notevolmente il file di progetto – già particolarmente articolato, rendendolo inutilizzabile o agevolando il verificarsi di crash di sistema. Una volta allineato il posizionamento delle schermature con il modello di progetto, queste vengono salvate in un nuovo file che viene poi messo in diretto collegamento con il file di progetto evitando così di appesantire eccessivamente il modello su cui verrà modellato il progetto.



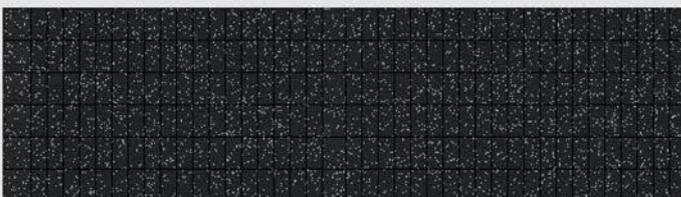
Schermature sul fronte Sud.



Schermature sul fronte Ovest.



Schermature sul fronte Nord.



Schermature sul fronte Est.

02.1 - Fase meta-progettuale

02.1.1 - Analisi SWOT	139
02.1.2 - Ambiti di applicazione	141
02.1.3 - Indirizzi progettuali	145
02.1.4 - Workflow operativo	149
02.1.5 - Selezione dei risultati	155

02.2 - La città del cinema

02.2.1 - Concept progettuale	165
02.2.2 - Inquadramento generale	177
02.2.3 - L'area espositiva	181
02.2.4 - Co-housing	185
02.2.5 - Co-working	187
02.2.6 - Area di ristoro	189
02.2.7 - Rooftop	191
02.2.8 - Sezioni	193
02.2.9 - Viste e percezioni	195
02.2.10 - Aspetti tecnologici	197

02.1 - Fase meta-progettuale

02.1.1 - Analisi SWOT

In una fase intermedia tra le indagini dell'area di progetto e la configurazione degli algoritmi viene disposta un'analisi utile a definire i punti di forza, di debolezza, le opportunità e le minacce che insistono sul caso studio. Prefigurare le caratteristiche attribuite all'area di progetto ha permesso di individuare gli obiettivi e gli indirizzi attraverso i quali verrà composto l'iter progettuale, porterà inoltre a riesaminare e riassumere tutte le considerazioni che sono state estrapolate dalle analisi preliminari.

S

Strenghts - Forze

- Posizione geograficamente strategica
- Preesistenze dalle buone qualità del costruito e consolidate strutturalmente
- Accessibilità al corpo principale da più livelli
- Isolamento visivo ed acustico del corpo principale rispetto al contesto

W

Weaknesses - Debolezze

- Mancanza di impieghi di qualsiasi tipo all'interno dell'area di progetto
- Assenza di attività e spazi destinati alla cultura nel contesto urbano
- Pessima qualità dell'aria e fenomeni di isole di calore urbano
- Quasi totale mancanza di aree verdi pubbliche

O

Opportunities - Opportunità

- Recupero del patrimonio edilizio preesistente
- Connessione e valorizzazione della rete ecologica
- Viabilità e servizio di mobilità pubblica consolidati e in fase di implementazione
- Presenza di stakeholders locali facilmente coinvolgibili nell'asset finanziario

T

Threats - Minacce

- Incremento della congestione stradale
- Densità abitativa eccessivamente elevata
- Scarsa presenza di posteggi per le auto
- Presenza di aree dalle elevate caratteristiche di degrado ambientale

02.1.2 - Ambiti di applicazione

La fase meta-progettuale rappresenta l'analisi teorica dello sviluppo del progetto, identificando la formalizzazione pratica degli algoritmi generati, a seguito della fase istruttoria di analisi e raccolta dei dati e la sua applicazione su un reale caso studio. Attraverso tale processo di transizione, verrà quindi verificato l'utilizzo dell'algoritmo e la sua funzionalità, ai fini di stabilire determinati parametri di input progettuali che guidino la nuova composizione architettonica. Tale metodologia è necessaria per vincolare l'approccio operativo su temi specifici in ambito di sostenibilità e rigenerazione dell'esistente, ottenendo dei risultati utili ad indirizzare le scelte progettuali in determinate direzioni, limitando la possibilità di intraprendere delle decisioni in maniera arbitraria. Ad ogni modo, nonostante tale metodo risulti ottimale sotto diversi punti di vista e per l'abbondanza di soluzioni da esso ottenibili, nessuno strumento di calcolo può sostituire la competenza di un tecnico professionista che, attraverso le sue conoscenze, riconosce e sceglie di applicare le configurazioni che meglio riescono a adattarsi al progetto e al contesto in cui esso si colloca. All'interno di questa fase verranno dunque selezionati e dichiarati gli **ambiti** all'interno dei quali ci si orienterà tramite deduzioni compositive e progettuali di tipo classico o attraverso un approccio parametrico generativo a cui verrà associata la relativa selezione delle configurazioni finali calcolate dagli algoritmi e che andranno dunque a caratterizzare il progetto in modo diretto.

Da un punto di vista strettamente progettuale il lavoro è incentrato sul recupero della struttura esistente in calcestruzzo appartenente all'ex consorzio agrario dell'ingegner. Passerelli ed i relativi ambienti circostanti. In un'ottica di

retrofit e conservazione del patrimonio culturale si cercherà di mantenere il più possibile invariate le componenti preesistenti del lotto, dal corpo principale dell'edificio, agli ambienti interrati destinati ai parcheggi, fino anche alla mostra d'acqua nella porzione di spazio ribassata rispetto al piano stradale. Lo spazio esterno sottostante sarà ripensato quasi completamente, migliorato in termini di accessibilità, comunicazione con le aree esterne al lotto ed arricchito di decorazioni, arredi, servizi e percorsi conformi alla morfologia del suolo, formando un'area di pubblica utilità. Verrà inoltre predisposto una piattaforma esterna sopraelevata che possa dare continuità di collegamento tra il piano di accesso al fabbricato e l'area sottostante. La fontana esterna esistente, oltre a divenire parte integrante del sistema di collegamento tra i due piani, verrà ripristinata e destinata al contenimento e convogliamento dell'acqua piovana. Nel progetto definitivo verranno integrati anche i due piani di parcheggio interrati preesistenti in quanto valutati di fondamentale importanza per le necessità del quartiere. Il corpo principale verrà ripensato a livello funzionale secondo le emergenze evidenziate dalle analisi del contesto; nell'attuare le operazioni di rigenerazione dell'edificio si completerà la struttura originale con un involucro sviluppato tramite l'applicazione di concetti compositivi architettonici attuati mediante la strumentazione parametrizzata descritta precedentemente. Il partizionamento delle componenti costituenti il progetto verrà definito tramite considerazioni progettuali dettate dalle necessità relative alle funzioni che verranno inserite all'interno del complesso, dalle normative tecniche costruttive e da valutazioni compositive generali di natura logistica, funzionale e morfologica.

La **sostenibilità** è il principale caposaldo su cui

è basato l'intervento di retrofit del lotto e la conformazione stessa degli algoritmi che verranno impiegati nello suo sviluppo progettuale. La sostenibilità assumerà, all'interno del progetto, un carattere di tipo ambientale, economico ed energetico sia nella selezione dei materiali che nella modellazione degli elementi costruttivi che verranno inclusi nella progettazione. La sostenibilità sociale, invece, ricoprirà un ruolo fondamentale sia nella definizione delle funzioni che nell'organizzazione spaziale degli ambienti interni ed esterni del progetto. Le analisi preliminari effettuate sul contesto confermano la forte carenza di spazi destinati alla collettività e alla cultura nel quartiere oltre che una quasi inesistente presenza di spazi verdi pubblici utilizzabili dagli abitanti di Marconi. Divengono punti fondamentali del progetto: l'inserimento di attività culturali e di condivisione nel corpo principale dell'ex consorzio agrario; lo sfruttamento delle aree esterne in favore dell'apposizione di spazi verdi accessibili dai cittadini; il coinvolgimento di stakeholders locali in grado di contribuire alla fattibilità economica e funzionale del progetto.

02.1.3 - Indirizzi progettuali

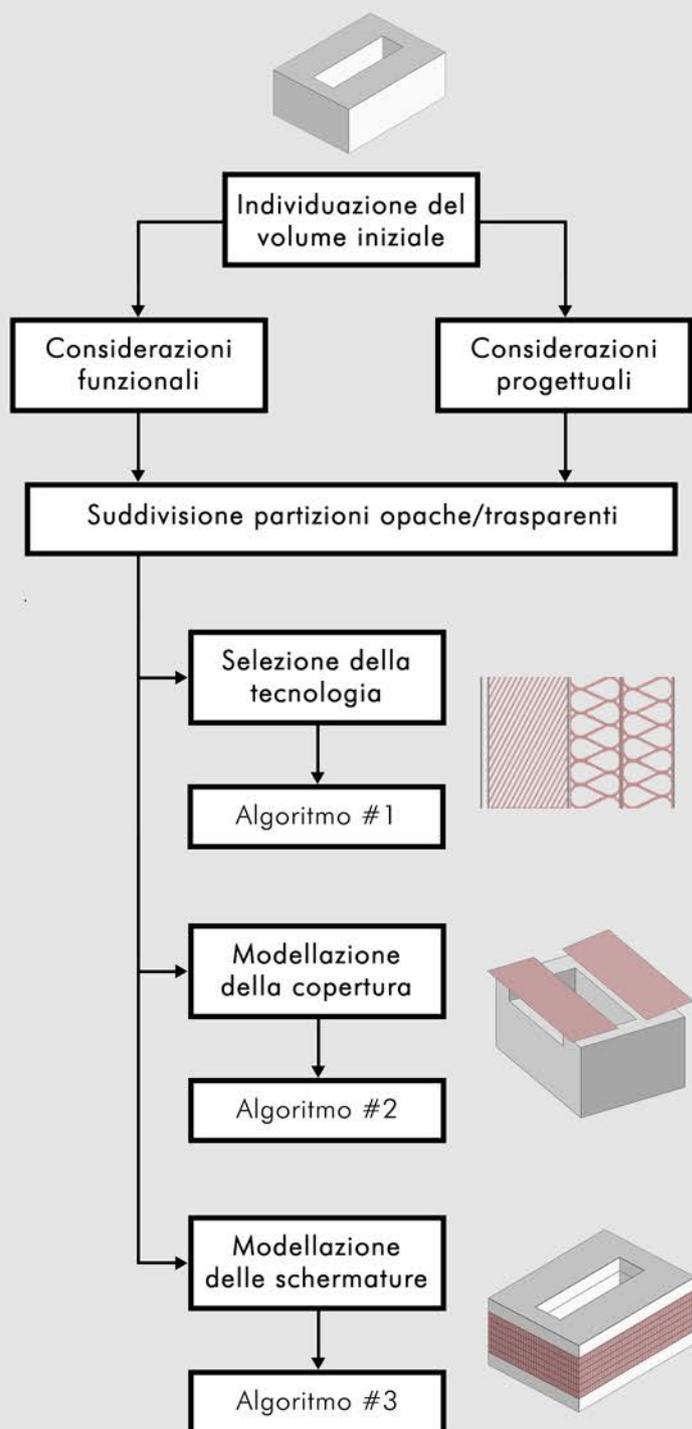
Data la complessità dell'area, ci si orienta verso una progettazione che mantenga una permeabilità spaziale al pianterreno e che permetta ai visitatori di attraversare liberamente lo stabile, favorendo in questo modo il collegamento tra i diversi ambienti che circondano la struttura. Da queste premesse si selezionano il pianterreno ed il piano al livello dell'area sottostante per l'installazione di un'**attività museale**. Si denota come, proprio come accadde con l'ex Città del Gusto, nel 2007 lo storico museo del cinema di Via Portuense venga chiuso e sfrattato per procedere con l'edificazione di un complesso residenziale. Tutto il materiale del museo, affidato inizialmente al fondatore del museo Josè Pantieri, viene vincolato dalla sovrintendenza ed in seguito preso in deposito dalla Cineteca Nazionale [76]. Condividendo le stesse peripezie e la stessa area di Roma si propone di adibire una parte dell'area museale a Nuovo museo del cinema di Roma così da poter andare a restituire al quartiere quegli spazi destinati alla cultura che stanno lentamente scomparendo. Un'altra emergenza evidenziata dalle analisi preliminari individua l'Università degli studi Roma Tre come papabile stakeholder a cui affidare due dei piani sopraelevati dell'edificio a destinazione d'uso **co-housing** per gli studenti iscritti all'università, questa ospita la maggior parte delle sue sedi proprio nel limitrofo quartiere di Roma Ostiense, a meno di un paio di chilometri dall'area di progetto. Il primo ed il secondo piano fuori terra vengono dunque destinati ad accogliere delle residenze studentesche con spazi in comune per agevolare l'affluenza di universitari che si convoglia in quest'area di Roma anche dal resto d'Italia. Data la grande quantità di uffici e aziende, oltre che all'eccessiva densità abitativa di cui è oggetto

L'area di Marconi, si destina il terzo piano dello stabile a degli spazi indirizzati al **co-working** e allo smart-working gestibili da aziende esterne o affittabili a individui o gruppi di lavoro privati che necessitano di spazio dove operare. L'ultimo piano, godendo di notevoli punti panoramici, viene destinato all'installazione di due **attività di ristoro**, quali cucine enogastronomiche comprese di bar e rese accessibile a chiunque dal pianterreno attraverso dei sistemi di collegamento verticale diretti e riservati alla gestione della clientela. Tralasciando la precedente gestione - che era fondamentalmente a tema enogastronomia, il quartiere di Marconi si sta infatti sviluppando notevolmente in questo settore, specialmente nelle aree limitrofe al complesso dell'ex Città del Gusto. Per la gestione delle diverse funzioni che verranno contenute all'interno del complesso si prevede il posizionamento di due diversi **collegamenti verticali**: uno nell'angolo a Nord-Ovest che gestirà il co-working ed il co-housing; e uno nell'angolo a Sud-Est per l'accesso alle attività di ristorazione al quarto ed ultimo piano. Questi spazi vengono selezionati anche in base alle normative relative alla sicurezza antincendio, in quanto sono le uniche a garantire una via di esodo sufficientemente breve. Nei restanti due angoli vengono disposti i **servizi** generici di cui necessita ogni piano in base alla funzione ospitata. Secondo questa logica si partiziona l'edificio in componenti opache - che andranno a racchiudere i collegamenti verticali e i servizi, e le componenti trasparenti che verranno invece disposte sulle restanti porzioni. Per i ragionamenti esposti in precedenza il pianterreno verrà spogliato da ogni tipo di chiusura opaca e per esso verranno disposte delle metodologie di schermatura diversa per le problematiche relative all'incidenza diretta della radiazione luminosa. Viene in questo modo individuata l'area che verrà imposta all'interno dell'algoritmo relativo

alla selezione della tecnologia per le chiusure verticali opache. Le chiusure verticali trasparenti sono di conseguenza collocate centralmente lungo le quattro facce del corpo edilizio, queste verranno schermate dalla **seconda pelle** modellata parametricamente e composta da pannelli in corten microforati che avvolgerà i piani centrali dell'edificio su tutti i fronti. Le schermature verranno progettate in modo da riuscire ad assumere diverse conformazioni che possano essere selezionate dagli utenti per regolare autonomamente il quantitativo di luce entrante richiesta. Un altro tema di notevole rilevanza viene associato al recupero dell'**acqua** piovana: sia dalla conformazione stessa che si prevede di assumere per la copertura, sia nel ripristino della mostra d'acqua esistente al centro della piazza sottostante, l'acqua gioca un ruolo molto importante all'interno del progetto. Oltre che da un punto di vista orientato verso il risparmio l'acqua viene considerata all'interno del progetto come un bene naturale, abbondante e gratuito con il quale poter soddisfare notevoli necessità come la cura delle aree verdi che circonda il complesso, l'alimentazione della fontana e del relativo ampliamento della mostra d'acqua. Si predispongono gli ambienti esterni proprio in modo di favorire un inserimento nel verde e nella natura da parte dei visitatori, garantendo degli spazi di condivisione ed evasione dal frenetico caos cittadino. La piazza esterna è stata concepita come **area pubblica**, liberamente accessibile da chiunque voglia transitarvi o sostarvi, funzionalmente accessibile a tutti e priva di barriere architettoniche. L'ausilio di molteplici rampe, ascensori e collegamenti omogeneamente distribuiti in tutta l'area del lotto, permette un semplice e comodo transito delle persone in ogni direzione. I nuovi percorsi inseriti nel progetto, dalle forme fluide e curvilinee, rispecchiano lo studio svolto sulla direzione dei vari flussi delle persone che,

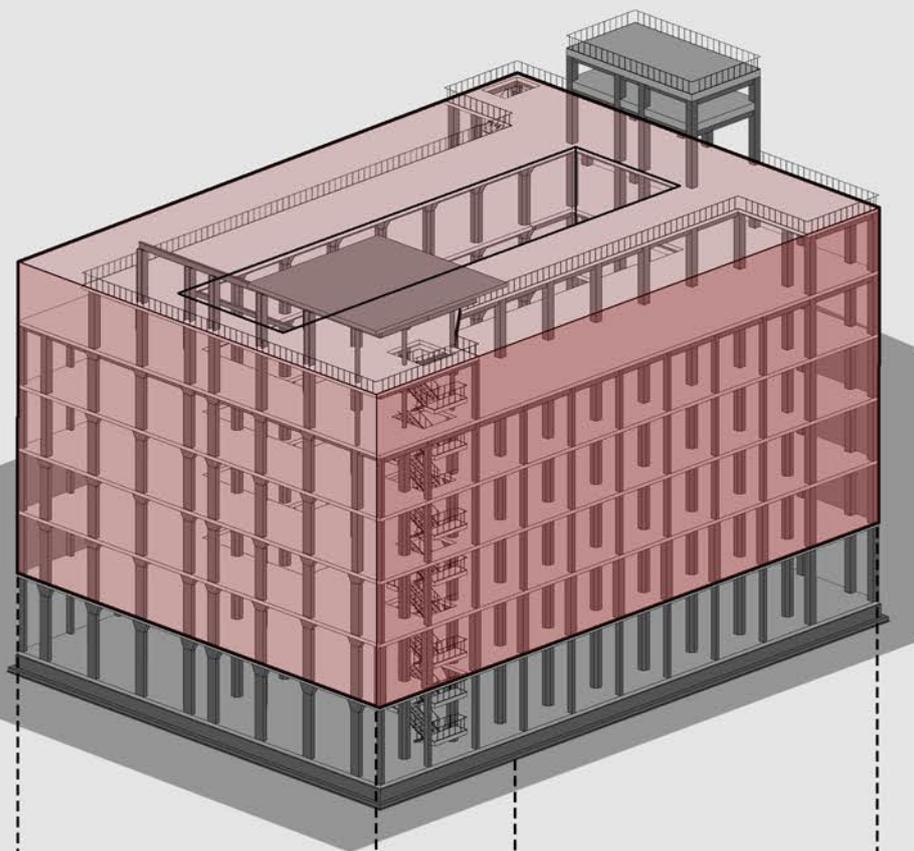
assieme alle bucatore ogivali sovrapposte alla piazza e alle aiuole verdi circolari, si contrappongono formalmente alla rigida geometria rettangolare del fabbricato ma comunicano tuttavia con le preesistenze limitrofe all'area di progetto. L'importanza che ricopre l'idea di socialità all'interno del lavoro di riqualificazione ha portato all'individuazione di varie strategie progettuali mirate all'integrazione, all'unione e alla comunicazione tra la struttura e gli attori che beneficiano degli spazi. La grande area museale prevista dall'intervento vuole convogliare l'attenzione degli utenti in transito verso interessi di carattere culturale, incentivandoli all'approfondimento delle varie tematiche riportate nelle sale espositive. Questo dialogo tra l'edificio e gli abitanti del quartiere avverrà tramite diverse dinamiche: dalle installazioni esposte nella piazza esterna coperta, dalla permeabilità visiva garantita dalla trasparenza nei piani inferiori, dalla corte centrale che verrà sagomata per permettere ai visitatori di osservare una parte della mostra al piano sottostante da ogni piano dell'edificio. L'obiettivo è quello di suscitare nel visitatore la curiosità e l'interessamento a tali attività, favorendo il flusso di incontri di carattere didattico e comunitario.

02.1.4 - Workflow operativo

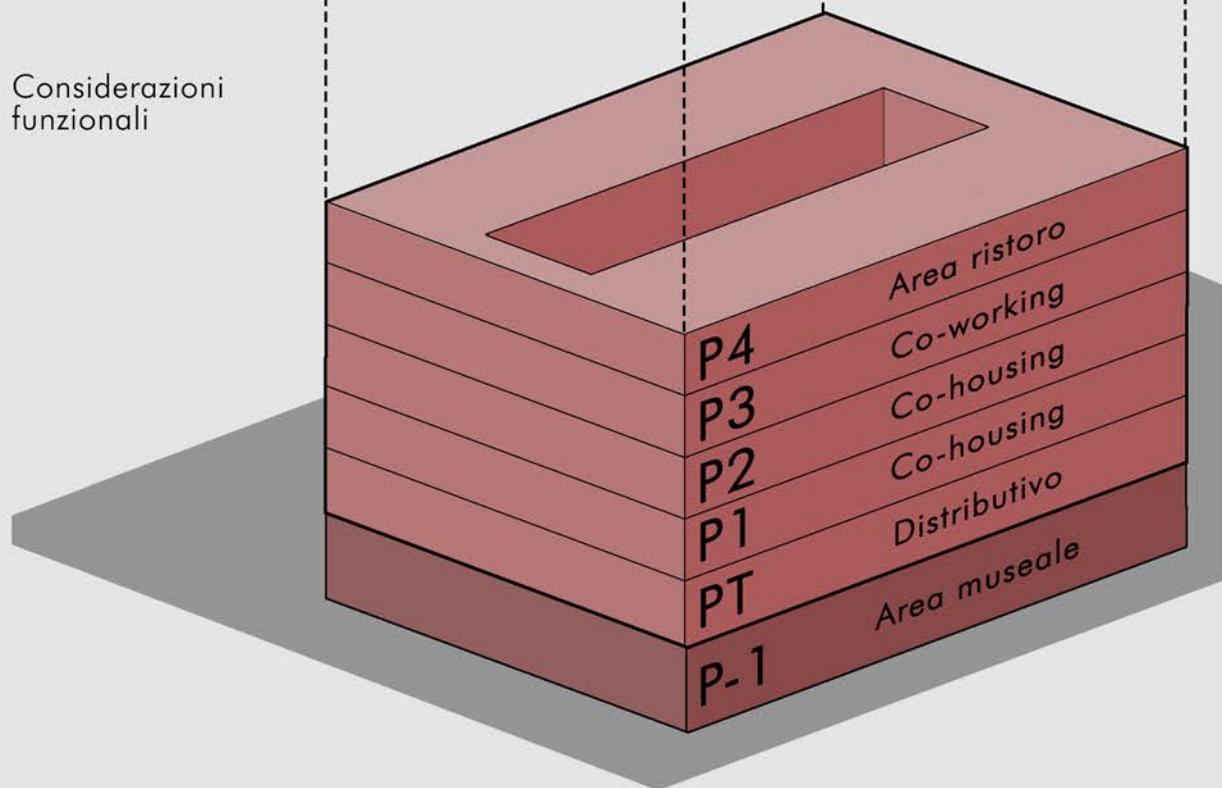


Workflow operativo dello sviluppo progettuale.

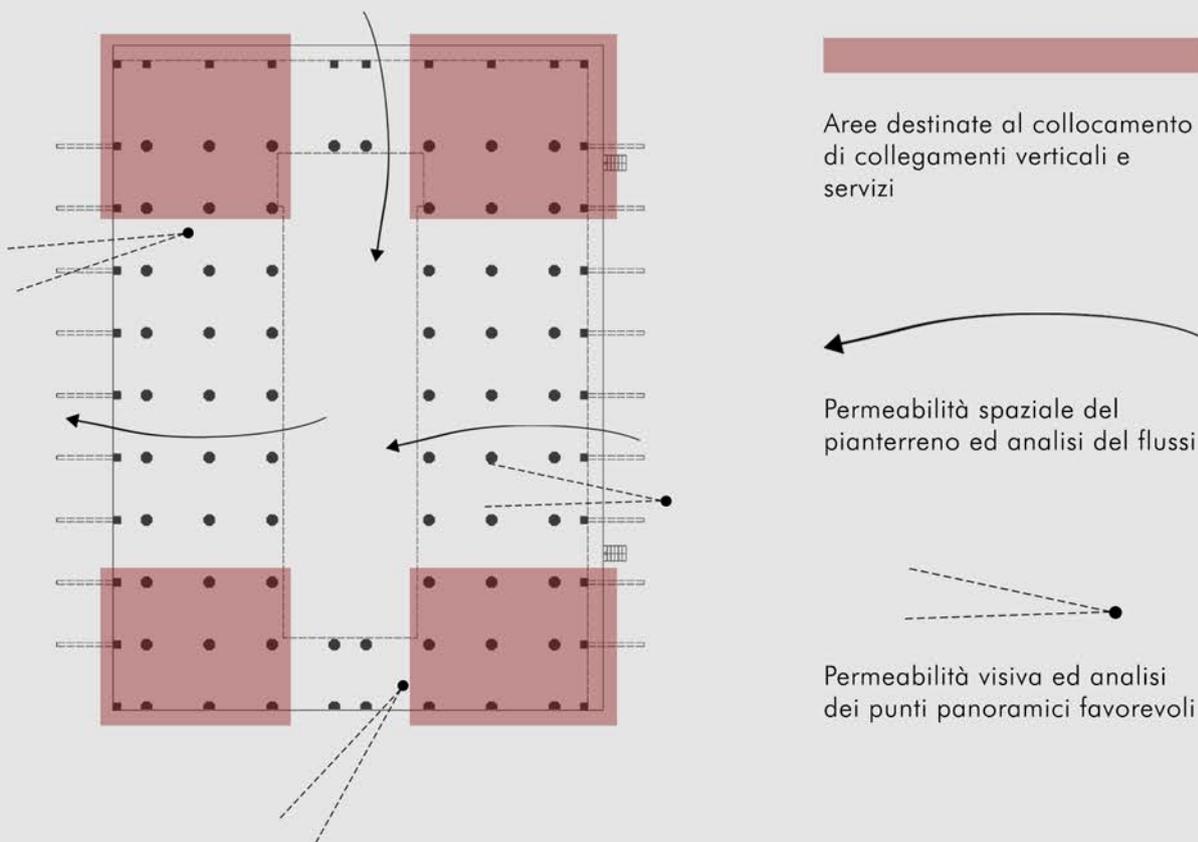
Individuazione del volume iniziale



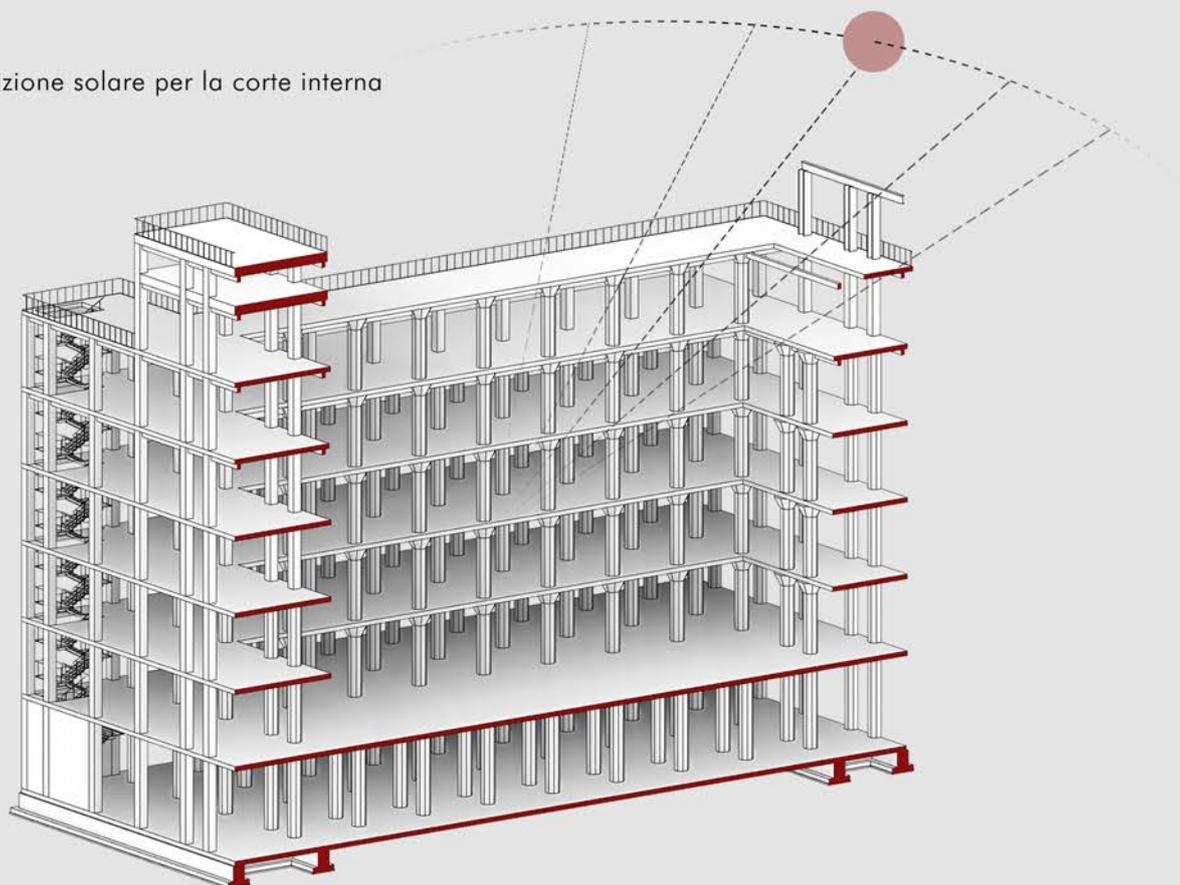
Considerazioni funzionali



Considerazioni progettuali

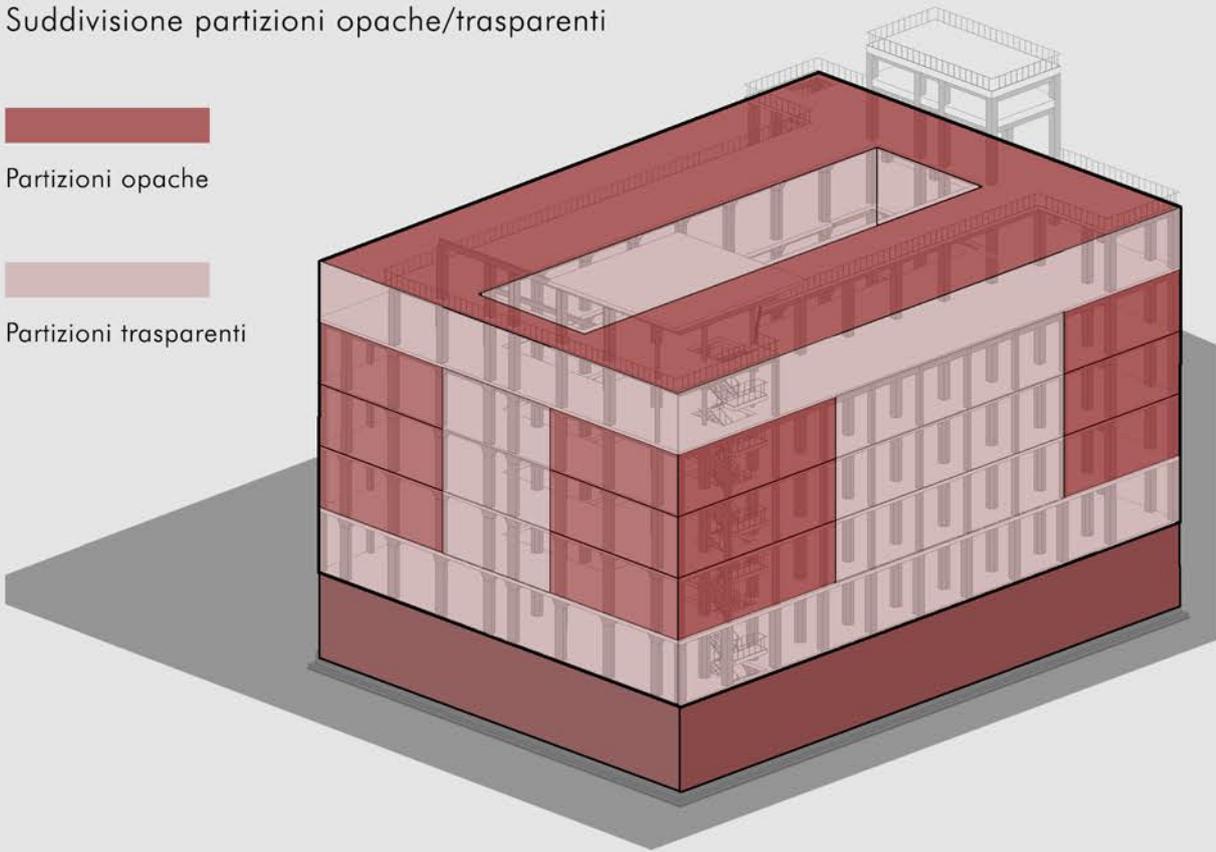


Esposizione solare per la corte interna

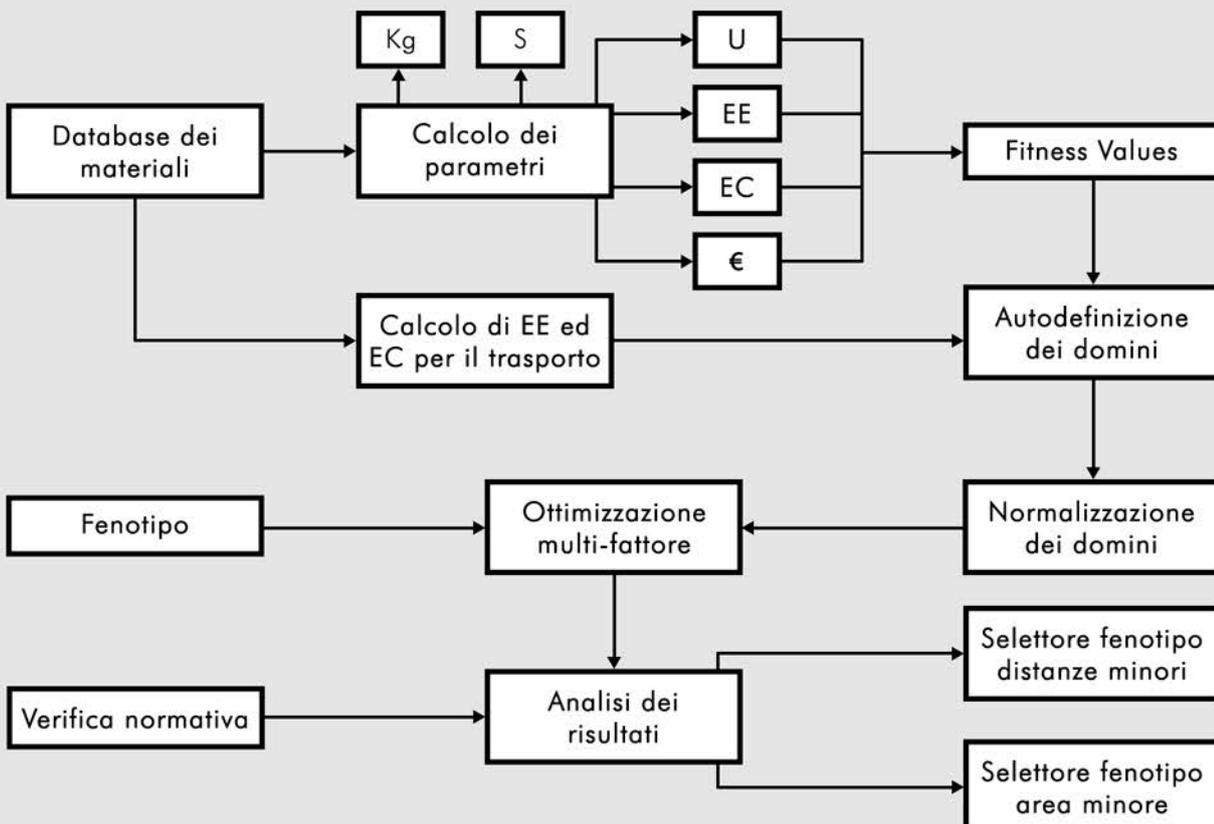


Suddivisione partizioni opache/trasparenti

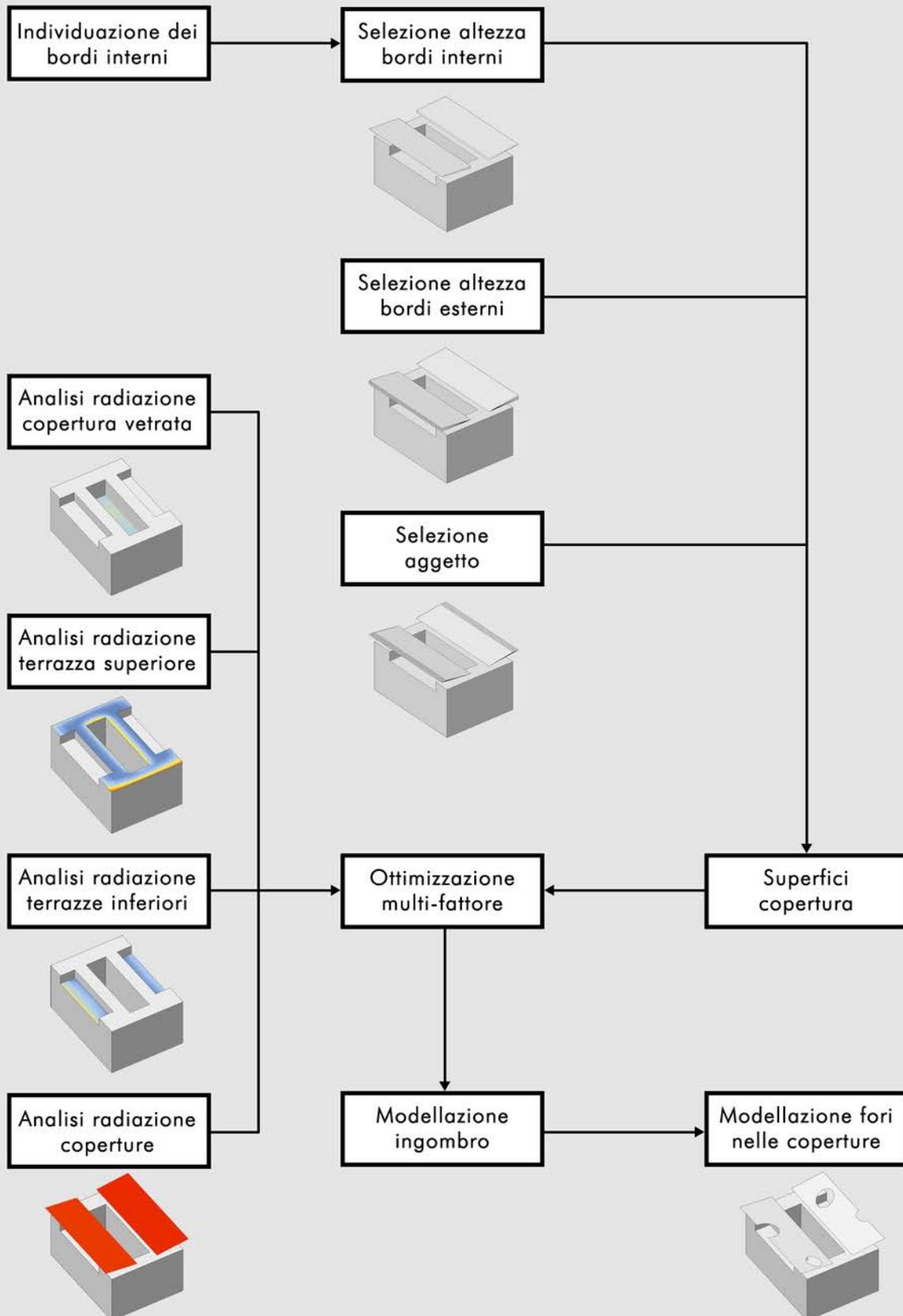
 Partizioni opache
 Partizioni trasparenti



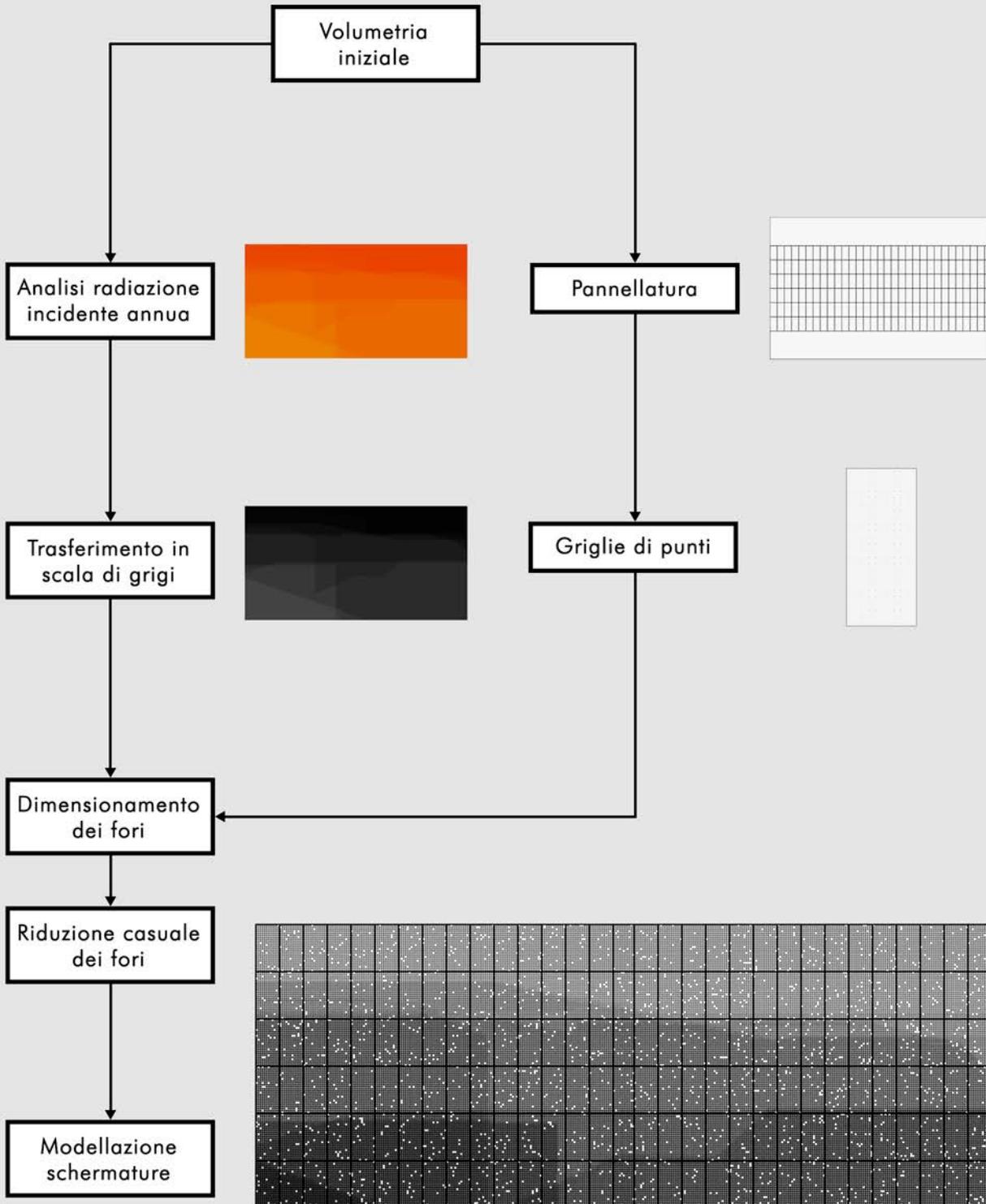
Schema operativo dell'algoritmo per la selezione della tecnologia



Schema operativo dell'algoritmo per la modellazione della copertura



Schema operativo dell'algoritmo per la modellazione delle schermature



Risultato intermedio della gestione delle dimensioni dei fori

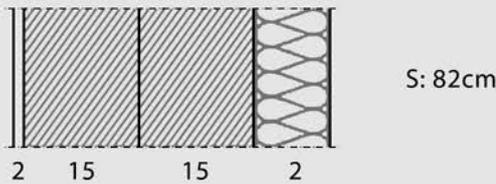
02.1.5 - Selezione dei risultati

Vengono osservati e approfonditi i risultati relativi alla **selezione della tecnologia** a seguito dell'ottimizzazione condotta tramite il plug-in Wallacei X. Questo affiderà ad ogni soluzione un codice identificativo con il numero della generazione (Gen) in cui è stata dedotta e il numero specifico dell'individuo (Ind) all'interno della popolazione di risultati prodotta in fase di elaborazione. Come primo input di calcolo, il software richiede proprio il numero di generazioni voluto e la popolazione per ogni generazione, mostrando inoltre il numero massimo di risultati diversi che potrebbero essere configurati in base ai parametri disponibili. Nel caso dell'algoritmo in questione la massima popolazione riscontrabile corrisponde a circa undicimila combinazioni possibili, per ottenere risultati efficienti non serve combinarle tutte in quanto il software è un calcolatore evolutivo che riesce a scartare intuitivamente le soluzioni meno efficienti sin dalle prime fasi delle calcolazioni, indirizzando le iterazioni verso le combinazioni che meglio riescono ad ottimizzare i **Fitness Values** che gli vengono assegnati. Dal manuale istruttorio del software si suggerisce di dare una popolazione orientativamente pari a circa la metà delle soluzioni massime ottenibili. Per la ricerca vengono considerate sessanta generazioni da cento individui ciascuna per un totale massimo di seimila risultati che verranno elaborati e resi disponibili in fase di analisi dei risultati. In circa sei minuti di calcoli Wallacei X finisce la computazione dei dati e rende disponibile la selezione dei risultati. Come anticipato precedentemente i risultati vengono selezionati in base a determinati meccanismi decisionali di gestione del pareto front quali: l'ottimizzazione massimale di ogni singolo Fitness Value (1-2-3-4); le configurazioni estrapolate tramite il calcolo della media delle ripetizioni per la

selezione di ogni Fitness Value che garantisce fondamentalmente un risultato equilibrato che mira ad ottimizzare ogni parametro, tramite questa metodologia verranno selezionati i primi quattro risultati (5-6-7-8); la clusterizzazione dell'ultima generazione di risultati compartimentata in tre parti (9-10-11); e l'ultima soluzione dell'ultima generazione estrapolata dal calcolatore (12). Per ogni soluzione selezionata vengono individuate le stratigrafie corrispondenti decodificando i valori attribuiti a ciascun parametro libero (o genomi), viene estrapolato il fenotipo di appartenenza che mostra graficamente il grado di ottimizzazione per ogni Fitness Value sotto forma di un rombo composto da quattro vertici diversamente lontani dal centro e i rispettivi valori normalizzati in un dominio compreso tra 0 e 1 che rappresentano l'EC (FV.1), l'EE (FV.2), il costo (FV.3) e la trasmittanza (FV.4).

Nell'ultima fase relativa alla selezione definitiva di un univoco risultato da applicare al progetto vengono composte alcune considerazioni sui risultati ottenuti di natura prettamente analitica e logistica. Come previsto, le prime quattro configurazioni mostrano importanti sproporzioni in direzione del Fitness Value ottimizzato rispetto agli altri. In particolare: la configurazione 3 - che mira ad ottimizzare il costo, risulta non conforme al decreto dei requisiti minimi per la trasmittanza (denotabile dal colore rosso) e viene automaticamente esclusa; la configurazione 4 è composta da una stratigrafia il cui spessore totale risulta essere superiore al metro di larghezza e per questo viene esclusa in quanto difficilmente applicabile al progetto. Le restanti (1-2) pur rappresentando il risultato migliore in termini di energia e CO₂ incorporata trascurano notevolmente gli altri Fitness Value, generando dei risultati non equilibrati e vengono per questo escluse dalla selezione. La seconda fascia di risultati

1 - Ottimizzazione EC

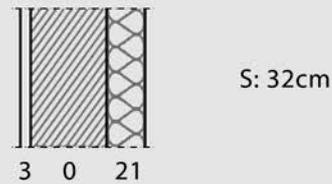


Gen: 22 | Ind: 4

FV. 1 : 0
FV. 2 : 3.3193e-7
FV. 3 : 0.572107
FV. 4 : 0.120916



2 - Ottimizzazione EE

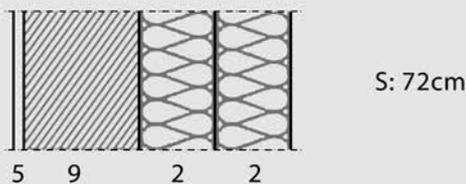


Gen: 63 | Ind: 4

FV. 1 : 1.5954e-7
FV. 2 : 0
FV. 3 : 0.043081
FV. 4 : 0.402174

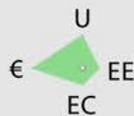


5 - Media dei Fitness Values #1

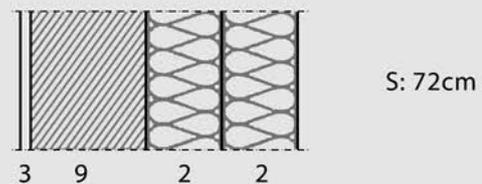


Gen: 76 | Ind: 56

FV. 1 : 3.1597e-7
FV. 2 : 3.3315e-7
FV. 3 : 0.117926
FV. 4 : 0.053886

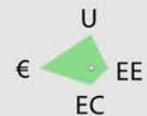


6 - Media dei Fitness Values #2

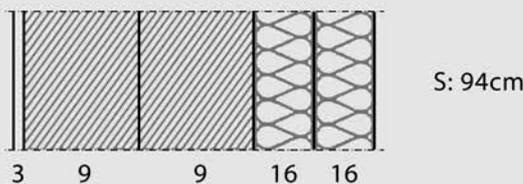


Gen: 79 | Ind: 52

FV. 1 : 2.6305e-7
FV. 2 : 3.0739e-7
FV. 3 : 0.117926
FV. 4 : 0.054614



9 - Cluster generazione 99 #1

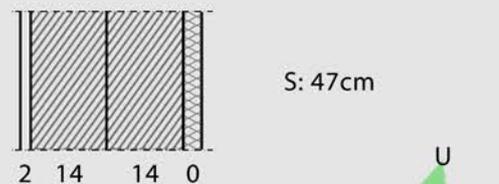


Gen: 99 | Ind: 9

FV. 1 : 9.7483e-7
FV. 2 : 2.6516e-6
FV. 3 : 0.404162
FV. 4 : 0.018564

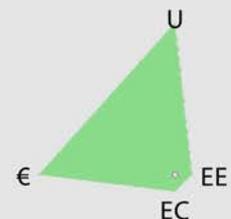


10 - Cluster generazione 99 #2



Gen: 99 | Ind: 15

FV. 1 : 3.0246e-8
FV. 2 : 2.1172e-7
FV. 3 : 0.352683
FV. 4 : 0.410156



Legenda

SR - Spessore ridotto	DR - Densità ridotta
SM - Spessore medio	DM - Densità media
SA - Spessore alto	DA - Densità alta

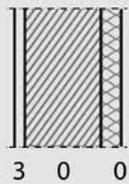
Intonaci

0 - Calce con sabbia
1 - Cemento con sabbia
2 - Gesso con sabbia
3 - Intonaco di gesso DR
4 - Intonaco di gesso DM
5 - Intonaco di gesso con isolamento
6 - Intonaco slow set

Murature

0 - Blocchi leggeri POROTON P600 - SR
1 - Blocchi leggeri POROTON P600 - SM
2 - Blocchi leggeri POROTON P600 - SA
3 - Blocchi forati POROTON P700 - SR
4 - Blocchi forati POROTON P700 - SM
5 - Blocchi forati POROTON P700 - SA
6 - Blocchi semipieni POROTON P800 - SR
7 - Blocchi semipieni POROTON P800 - SM
8 - Blocchi semipieni POROTON P800 - SA
9 - Blocchi isolati con EPS POROTON ISO - SM
10 - Blocchi isolati con EPS POROTON ISO - SA
11 - Pannelli prefabbricati in cls LEDILE - SM
12 - Pannelli prefabbricati in cls LEDILE - SA
13 - Pannelli prefabbricati in clt KLH - SR
14 - Pannelli prefabbricati in clt KLH - SM
15 - Pannelli prefabbricati in clt KLH - SA

3 - Ottimizzazione Costo



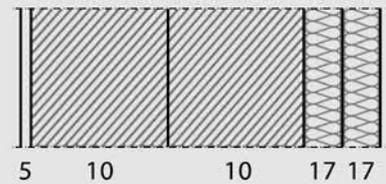
S: 27cm



Gen: 42 | Ind: 3

FV. 1 : 1.4678e-7
FV. 2 : 4.412e-8
FV. 3 : 0
FV. 4 : 0.719586

4 - Ottimizzazione U



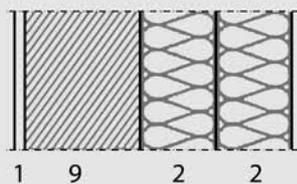
S: 114cm

Gen: 8 | Ind: 0

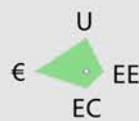
FV. 1 : 1.189e-6
FV. 2 : 2.9878e-6
FV. 3 : 0.442132
FV. 4 : 0



7 - Media dei Fitness Values #3



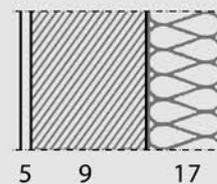
S: 72cm



Gen: 20 | Ind: 53

FV. 1 : 2.8058e-7
FV. 2 : 3.2802e-7
FV. 3 : 0.117926
FV. 4 : 0.054974

8 - Media dei Fitness Values #4



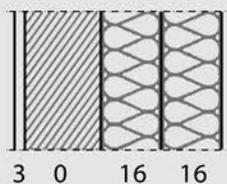
S: 52cm

Gen: 56 | Ind: 36

FV. 1 : 3.8752e-7
FV. 2 : 7.1269e-7
FV. 3 : 0.077766
FV. 4 : 0.111397



11 - Cluster generazione 99 #3



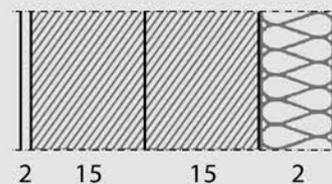
S: 54cm



Gen: 99 | Ind: 42

FV. 1 : 3.8362e-7
FV. 2 : 7.759e-7
FV. 3 : 0.106973
FV. 4 : 0.076421

12 - Pareto front - Ultima generazione



S: 82cm

Gen: 99 | Ind: 59

FV. 1 : 0
FV. 2 : 3.3193e-7
FV. 3 : 0.572107
FV. 4 : 0.120916



Isolanti

0 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SR
1 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SM
2 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SA
3 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SR
4 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SM
5 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SA
6 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA - SR
7 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA - SM

8 - Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA - SA
9 - Pannelli in fibra di legno STEICO - SR
10 - Pannelli in fibra di legno STEICO - SM
11 - Pannelli in fibra di legno STEICO - SA
12 - Pannelli in sughero CORKPAN - SR
13 - Pannelli in sughero CORKPAN - SM
14 - Pannelli in sughero CORKPAN - SA
15 - Pannelli in eps KNAUF - SR
16 - Pannelli in eps KNAUF - SM
17 - Pannelli in eps KNAUF - SA
18 - Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SR
19 - Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SM
20 - Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SA
21 - Pannelli in lana di vetro ISOVER - SR
22 - Pannelli in lana di vetro ISOVER - SM
23 - Pannelli in lana di vetro ISOVER - SA

(5-6-7-8) rappresenta le quattro configurazioni classificate come più ricorrenti secondo la media dei valori attribuiti ai Fitness Value in ogni simulazione. Questa trince di risultati mostra le configurazioni maggiormente bilanciate e performanti in termini di valori attribuiti ad ogni Fitness Value come evidente tramite l'osservazione dei fenotipi. Questa trince di soluzioni viene considerata interessante e attuabile e verrà approfondita in seguito. Nel terzo gruppo, relativo al cluster impiegato sull'ultima generazione (9-10-11) vengono evidenziate configurazioni molto diverse tra loro che verranno analizzate singolarmente: la configurazione 9, pur evidenziando risultati notevoli per ogni Fitness Value – tranne il costo, è composta da una stratigrafia di uno spessore totale pari a quasi un metro e per questa esclusa in quanto poco efficiente in termini spaziali; la configurazione 10 appare come nettamente sbilanciata in termini di energia e CO2 incorporata rispetto agli altri due parametri che evidenziano valori piuttosto mediocri – specialmente la trasmittanza, considerata come uno dei Fitness Value di maggiore importanza; la configurazione 11 appare come sufficientemente bilanciata nei diversi parametri e assume risultati distinti che la portano alla seconda scrematura delle soluzioni; la configurazione 12, infine, produce la medesima combinazione stratigrafica della configurazione 1, già valutata come troppo sbilanciata verso alcuni Fitness Value rispetto che agli altri.

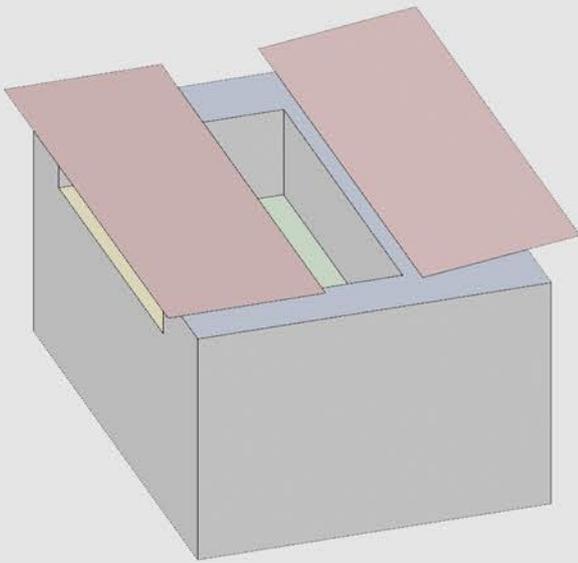
Procedendo verso la seconda fase di scrematura delle soluzioni vengono analizzati gli script disposti nello spazio VPL che suggeriscono determinati fenotipi rispetto ad altri, consigliando all'utente alcune soluzioni rispetto ad altre. Il primo - che evidenzia il fenotipo caratterizzato dalla minore somma delle distanze di ogni vertice dal centro, seleziona la configurazione 5, promuovendola come più

sostenibile tra tutte quelle analizzate; lo script che invece individua i fenotipi caratterizzati dalle aree minori seleziona tutte le configurazioni tra la 5 e la 8. I suggerimenti degli script di analisi geometrica dei fenotipi evidenziano dunque l'intera trincea di risultati generati attraverso la media dei Fitness Values e portano a scartare automaticamente la configurazione 11 in quanto lievemente sotto la media rispetto alle altre. Si osserva come le quattro configurazioni rimanenti sono molto simili tra loro, a parte la configurazione 8 – che impiega una tipologia differente di isolamento che lo rende leggermente meno performante ma più economico, le uniche differenze sostanziali sono nella scelta dell'intonaco interno. Come già specificato in precedenza si tenderà a preferire i risultati che mirano ad ottimizzare maggiormente la trasmittanza rispetto agli altri target in quanto un pacchetto molto performante dal punto di vista termico influisce positivamente su tutte le restanti esternalità sia a livello ambientale che economico, la scelta ricade dunque sulla **configurazione 5**, questa è composta da: uno strato di eco-intonaco biocompatibile deumidificante a calce idraulica coibentato CLIMATHERM con certificazione CAM; uno strato di mattoni ad alte prestazioni termiche POROTON ISO a spessore medio (30cm) riempiti parzialmente con polistirene caricato con grafite completamente smaltibili in fase di fine vita; e un doppio strato isolante composto da feltri in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock Kraft 121 a densità ridotta e alto spessore (20cm cad).

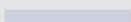
Si procede dunque con una valutazione approfondita della composizione stratigrafica attraverso il calcolo della trasmittanza termica periodica, del relativo sfasamento termico e una verifica alla generazione di fenomeni di condensa interstiziale/superficiale tramite il diagramma di Glaser. Le analisi concludono

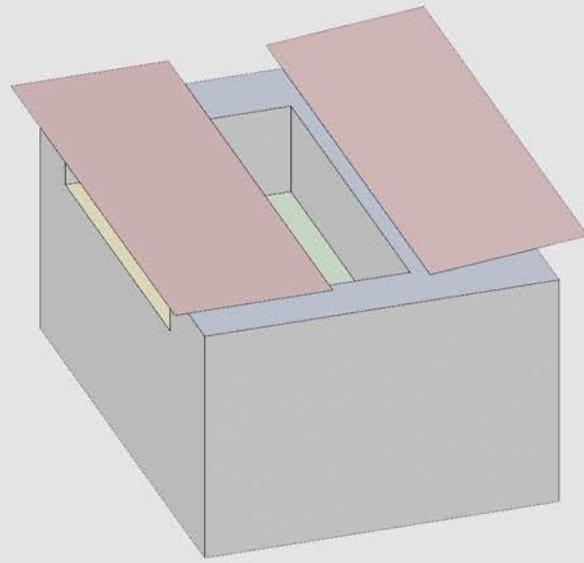
dando esito generale positivo sia sui fenomeni di condensa che sulle proprietà termiche della stratigrafia selezionata, si procede dunque ad approfondire a livello di dettaglio le modalità e le ulteriori componenti necessarie all'applicazione della soluzione al caso studio.

A seguito di circa sei ore di elaborazione dei calcoli condotti tramite il plug-in Galapagos, vengono esaminati i risultati suggeriti dal calcolatore evolutivo per la **modellazione della copertura**. L'analisi si protrae per parecchio tempo in quanto ad ogni configurazione presente nella popolazione di risultati finale vanno associate le simulazioni climatiche che sono particolarmente dispendiose in termini di tempo. Vengono analizzati le quattro soluzioni ritenute maggiormente performanti nei confronti dei quattro fitness values che gli sono stati affidati: la radiazione solare incidente relativa alle coperture (FV.1), quella relativa ai terrazzamenti superiori (FV.2), quella relativa ai terrazzamenti inferiori (FV.3) e quella relativa alla copertura vetrata all'interno della corte (FV.4). Queste verranno espresse in termini di kWh moltiplicati direttamente per la superficie sulla quale viene condotta l'analisi. L'algoritmo provvede automaticamente a minimizzare il primo e l'ultimo fitness value mentre massimizza il secondo ed il terzo. Una volta ottenuto i risultati dotati delle maggiori performance, questi vengono analizzati valutandone parallelamente anche la valenza estetica che questi possono apportare agli aspetti morfologici del progetto, viene dunque presa in considerazione anche l'estetica delle soluzioni ottenute. Si osserva come in maniera parzialmente fortuita, la configurazione più performante coincide con quella dalle valenze estetiche giudicate come più adatte al progetto: la **configurazione 1** prevede infatti una copertura ad Ovest completamente piatta che contrasta con la sua corrispettiva ad Est che

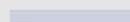
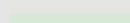


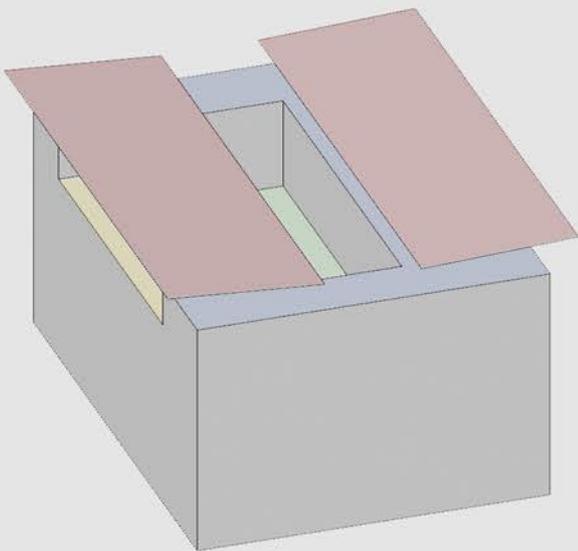
Configurazione 1

	FV. 1 : 2.6 e+6 kWh
	FV. 2 : 301'309 kWh
	FV. 3 : 131'093 kWh
	FV. 4 : 162'017 kWh

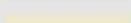
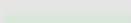


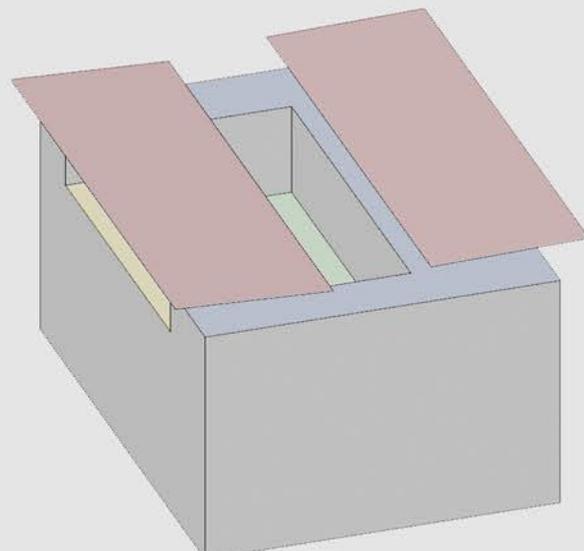
Configurazione 2

	FV. 1 : 2.59 e+6 kWh
	FV. 2 : 296'159 kWh
	FV. 3 : 128'711 kWh
	FV. 4 : 161'980 kWh

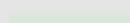


Configurazione 3

	FV. 1 : 2.58 e+6 kWh
	FV. 2 : 349'302 kWh
	FV. 3 : 138'028 kWh
	FV. 4 : 155'054 kWh



Configurazione 4

	FV. 1 : 2.58 e+6 kWh
	FV. 2 : 381'313 kWh
	FV. 3 : 143'243 kWh
	FV. 4 : 144'244 kWh

invece risulta configurata con la massima inclinazione possibile. Vengono dunque assodate le misure di ingombro delle coperture e rimodellate nello spazio BIM implementandole di una griglia strutturale metallica che porterà la copertura.

Sulle superfici finali vengono infine collocate delle bucatore ogivali che comunicano morfologicamente con quelle presenti nella porzione di piazza che si intende aggiungere nelle sistemazioni esterne. Nonostante le bucatore poste sulla copertura diminuiranno la superficie sulla quale posizionare il sistema BIPV (Building Integrated Photovoltaics), queste permetteranno di inquadrare determinate zone all'interno delle quali collocare del verde in copertura che contribuirà a sua volta ad aumentare l'isolamento termico della copertura e a generare degli spazi suggestivi posti sul rooftop, oltre che favorire la conservazione di biodiversità e recuperare parte del suolo consumato per l'installazione del complesso.

02.2 - La città del cinema

02.2.1 - Concept di progetto

Tra le primissime considerazioni che vengono condotte approcciandosi allo sviluppo progettuale del caso studio (1) vengono approfondite determinate tematiche considerate fondamentali per comporre un progetto di architettura. In primo luogo, viene sviluppata un'analisi morfologica dei complessi preesistenti che insistono nelle aree prospicienti al caso studio: la chiesa parrocchiale dei santi Aquila e Priscilla (2) mitiga forme curvilinee - individuabili nella pianta a base circolare all'interno della quale sono collocati gli ambienti destinati allo svolgimento delle funzioni religiose, con linee rette che definiscono un volume regolare all'interno del quale vengono inseriti gli spazi relativi ai servizi e alle funzioni parrocchiali; il complesso di uffici (3) poco più a Nord si erge in altezza per circa cinque piani fuori terra ed è composto da due volumi obliqui che convergono in un angolo, questo ha forma circolare e aggettante ed è coronato da una copertura ogivale; la sede della Egidio Galvani s.p.a. (4), posizionata esattamente in prossimità del lotto, è un edificio prevalentemente basso - circa due piani fuori terra, all'interno del quale la tematica di inserimento del verde nel progetto è particolarmente evidente: numerose terrazze e corti interne presentano numerose essenze erbose e vegetali. Per mantenere una coerenza stilistica e formale all'interno del progetto, viene deciso di formulare una commistione di forme curvilinee e diritte all'interno della modellazione degli elementi che costituiranno il corpo principale e le aree esterne cercando di garantire un apporto naturale sia negli spazi interni, che in quelli esterni.



Schema di analisi morfologica delle preesistenze limitrofe all'area di progetto



Area di progetto (1)



Chiesa dei Santi Aquila e Priscilla (2)



Complesso di uffici (3)



Egidio Galvani s.p.a. (4)

Fonti: Google maps, Bing maps

Componendo su diverse scale un'attenta **analisi delle provenienze dei flussi** che andranno ad interessare il complesso progettato, vengono individuati i principali assi verso i quali verrà riposta maggiore attenzione nell'organizzazione degli ingressi e degli spazi servienti del pianterreno. Questa analisi andrà a definire le principali soluzioni con le quali verrà risolto l'attacco a terra dell'edificio, la disposizione degli spazi esterni e gli assi di collegamento che si deciderà di mantenere nella messa in comunicazione tra spazi interni ed esterni. Vengono considerate delle strategie di integrazione dei flussi relativi alla mobilità dolce (in giallo e blu nello schema in basso a dx) con le quali ci si prepone di mantenere la massima accessibilità sia nelle aree interne che esterne del progetto, favorendo una mobilità sostenibile e libera da barriere architettoniche. Nello specifico, si cercherà di integrare l'accesso alla pista ciclabile parallela al Lungotevere direttamente con il complesso attraverso il posizionamento di aree per il posteggio delle biciclette e percorsi per l'attraversamento del lotto. Si tenderà a favorire inoltre quei percorsi che permetteranno agli studenti di raggiungere Via Ostiense – sede di numerose facoltà universitarie. Verranno disposti degli ingressi che permettano di attraversare da ogni punto la grande area esterna in un'ottica di massima permeabilità, nel definire questi percorsi verranno posizionati strategicamente alcuni punti espositivi liberamente visibili che rimandino alle mostre presenti all'interno delle aree museali nei piani più inferiori, invogliando gli utenti a visitare le aree interne del complesso. L'analisi verrà inoltre approfondita ad una scala minore per tutte quelle considerazioni relative alla comunicazione tra gli spazi interni ed esterni del complesso, il convogliamento dei flussi carrabili, la suddivisione dei collegamenti verticali e l'inclusione per le persone con mobilità ridotta.



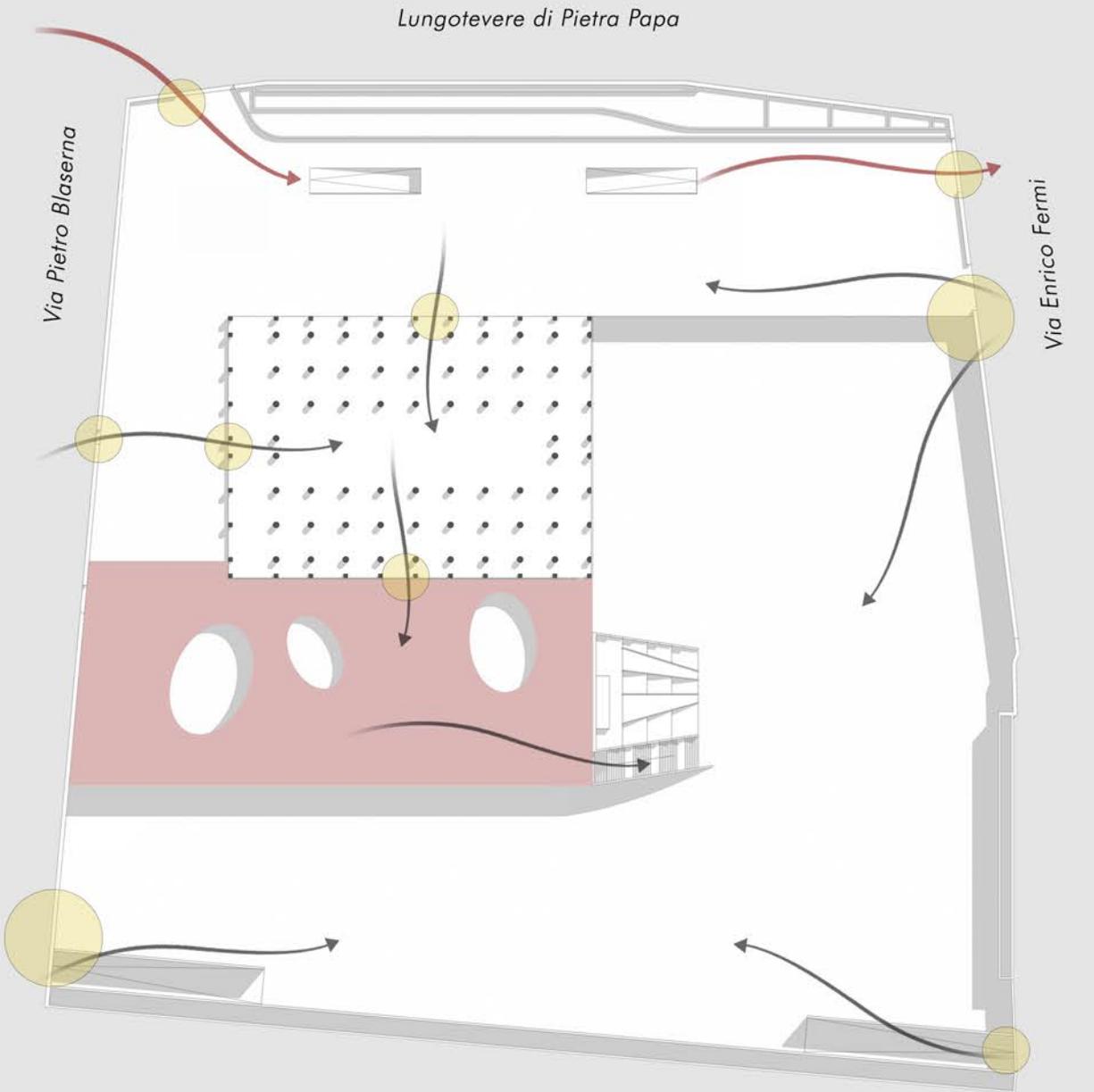
Schema dei principali flussi carrabili (in rosso) e dei percorsi utili agli studenti di Roma Tre (in blu).



Schema dei principali flussi carrabili (in rosso), dei percorsi utili agli studenti di Roma Tre (in blu) e dei camminamenti pedonali e ciclabili (in giallo).

Dopo aver analizzato le fasce di maggiore percorrenza che portano all'interno dell'area di progetto viene approfondito lo studio relativo al posizionamento degli **ingressi** riservati agli utenti e alle diverse tipologie di mezzo di trasporto con i quali i visitatori sopraggiungono all'interno del complesso. Per eliminare il più possibile la presenza di autovetture sul suolo si predispone un ingresso esclusivamente carrabile sul vertice più a Nord dell'area, questo condurrà le auto direttamente nel parcheggio o in direzione dell'uscita nel vertice a Est. Per garantire una maggiore permeabilità nel pianterreno del corpo principale viene prevista un'estensione del piano sul livello stradale nell'area a Ovest dell'ex consorzio agrario, questa espansione genererà una porzione di piazza coperta sul piano sottostante che comunicherà con il resto dell'area accogliendo i visitatori e invogliandoli ad avvicinarsi alle aree espositive attraverso sistemi di permeabilità visiva organizzati attraverso delle grandi aperture poste sull'ampliamento. La porzione di piazza aggiuntiva sarà direttamente collegata con la mostra d'acqua preesistente e la relativa scala che metterà in connessione le aree su due livelli differenti. Il corpo principale sarà dunque liberamente attraversabile lungo l'asse Est-Ovest e garantirà inoltre un accesso sul lato Nord che permetterà di accogliere con maggiore semplicità i flussi relativi agli studenti diretti verso la Via Ostiense e i visitatori provenienti da Via Pietro Blaserna. Infine, per rendere facilmente raggiungibile l'area sottostante vengono predisposti dei camminamenti nei tre angoli della piazza che saranno accessibili alle persone con mobilità ridotta e che permetteranno il completo attraversamento dell'area senza alcuna barriera architettonica.

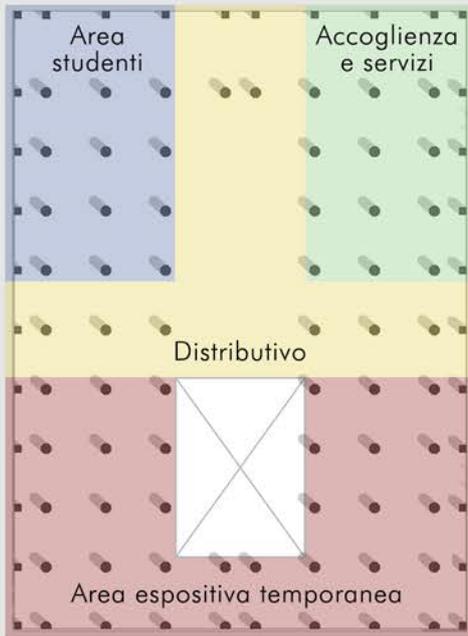
Schema dell'organizzazione distributiva dell'area di progetto



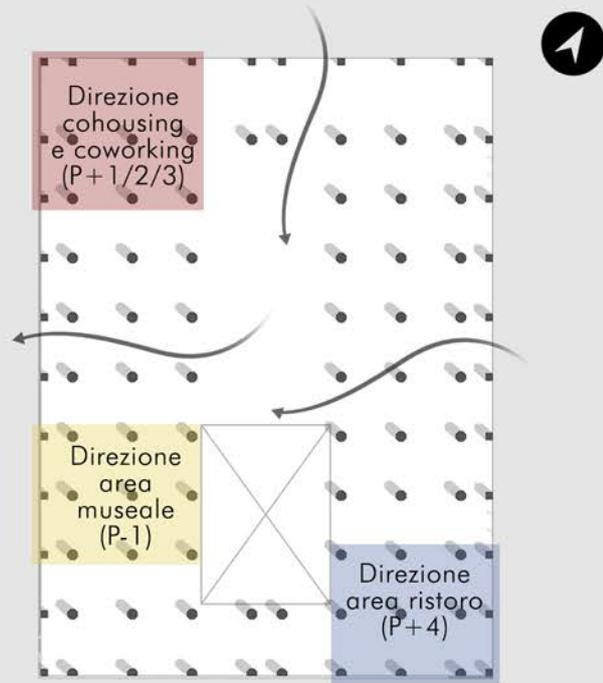
Legenda

- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Flussi carrabili |  | Ingressi/uscite |
|  | Flussi pedonali |  | Estensione della piazza superiore |

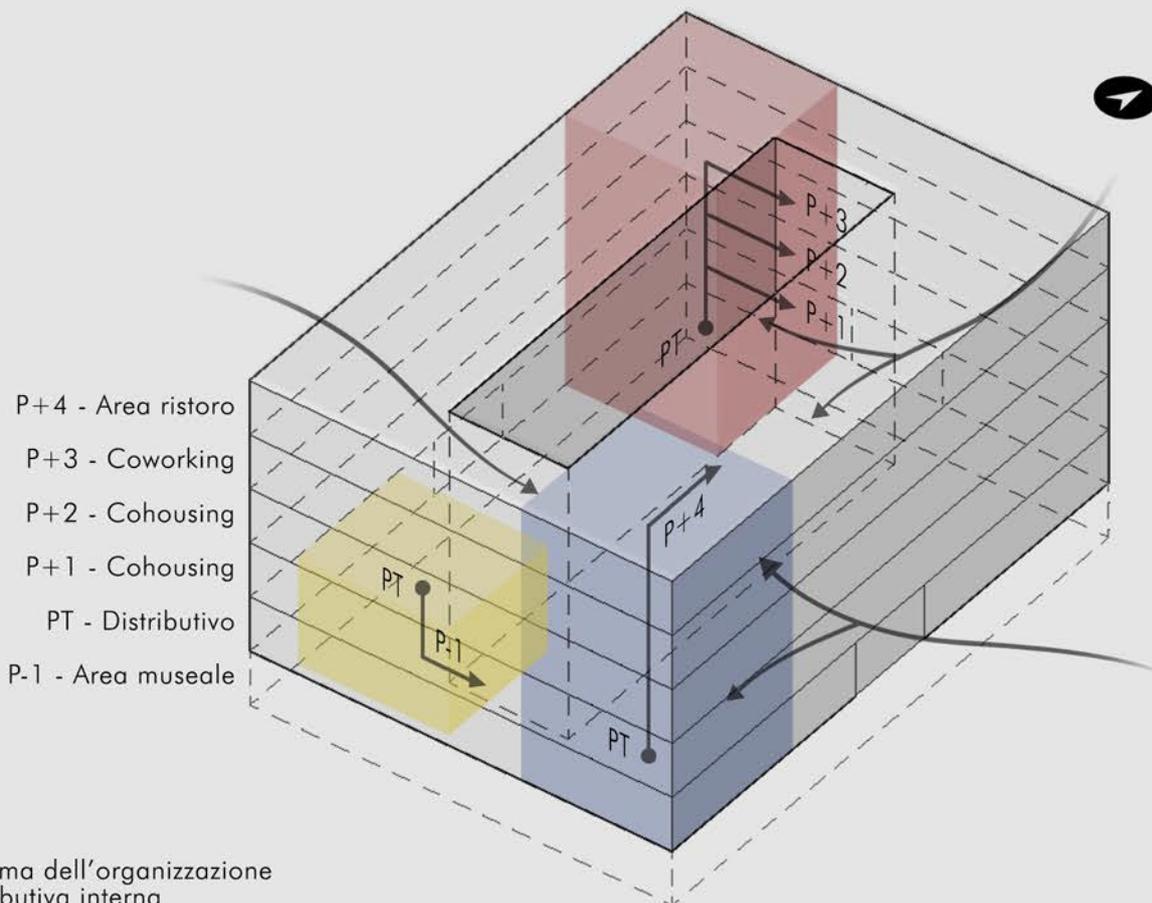
Nello sviluppo progettuale dell'**attacco a terra** del corpo principale si predisporranno degli spazi prevalentemente ad uso distributivo: la compresenza di funzioni diverse su più livelli rende necessario predisporre dei collegamenti verticali dedicati per poter gestire i diversi flussi di persone che visitano la struttura. Per una questione prevalentemente legata alle direttive per la sicurezza antincendio i corpi scale compartimentati vengono posizionati negli angoli Est e Ovest: il primo gestirà i flussi relativi ai piani destinati al cohousing e il coworking tramite previo riconoscimento in una reception al pianterreno; il secondo, interno all'area di accesso ai musei, gestirà i flussi entranti di persone che vogliono usufruire dei servizi di ristorazione al quarto piano e verranno accolti dal servizio di riconoscimento che gestirà anche i visitatori dell'ala riservata alle mostre temporanee del museo. Il corpo principale sarà completamente attraversabile sull'asse Est-Ovest e garantirà un accesso anche sul lato Nord che favorirà l'ingresso e l'uscita degli studenti diretti verso le facoltà. La parte centrale del pianterreno verrà illuminata naturalmente dalla copertura vetrata posta sulla sommità e dalla morfologia stessa della copertura modellata parametricamente che favorirà la massima illuminazione entrante possibile all'interno della corte centrale e degli ambienti che affacceranno su di essa. Sulla fascia centrale verrà inserita anche un'apertura che affaccerà direttamente sull'area espositiva al piano interrato per invogliare gli utenti a visitare le mostre allestite dal museo. Per concludere i servizi ospitati al pianterreno verranno predisposti un'area studio/ristoro verso il vertice Ovest gestito da un servizio bar i cui ingombri verranno posizionati nell'area nei pressi del vertice Nord.



Schema dell'organizzazione funzionale del pianterreno



Schema dell'organizzazione distributiva del pianterreno

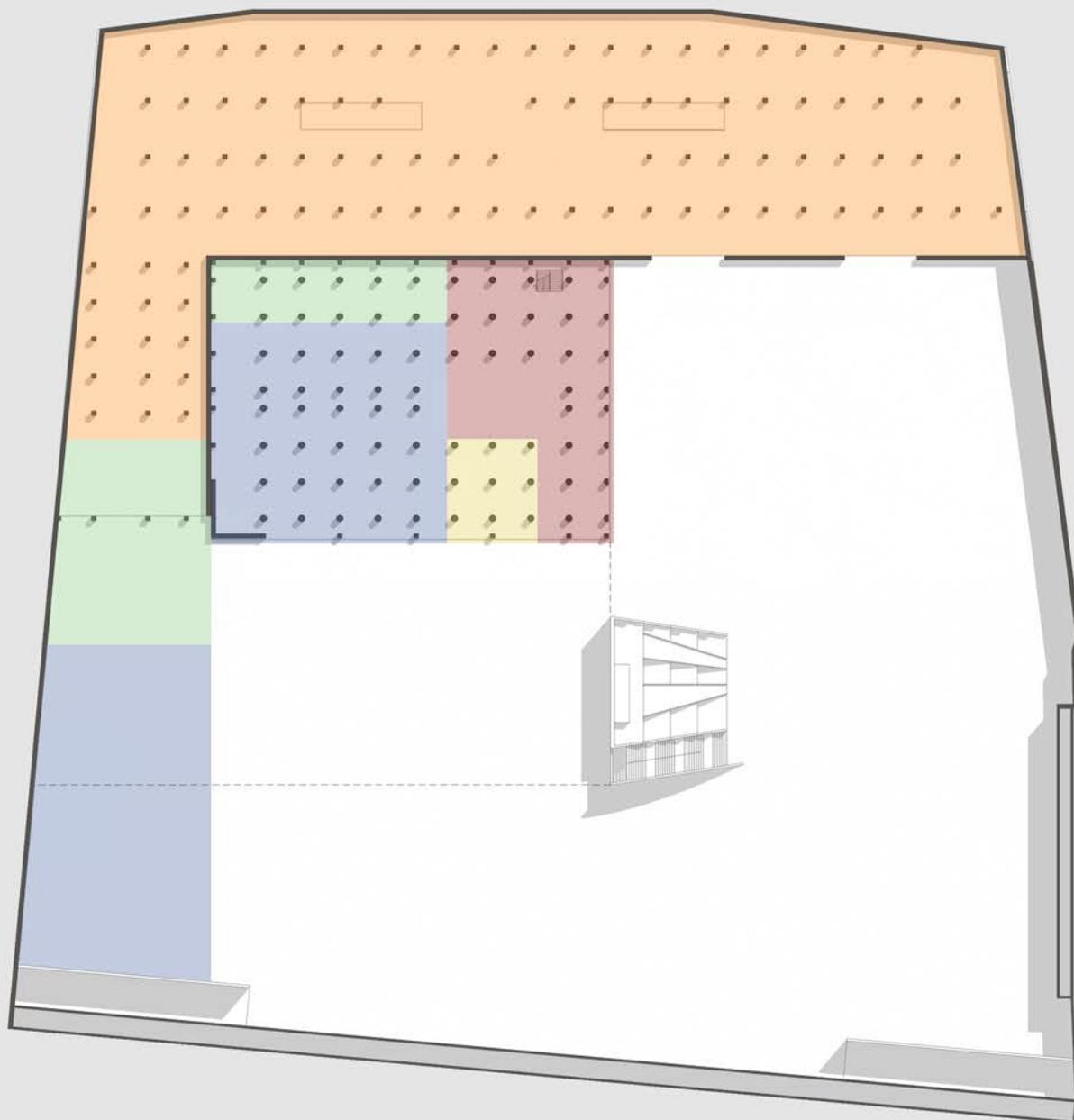


- P+4 - Area ristoro
- P+3 - Coworking
- P+2 - Cohousing
- P+1 - Cohousing
- PT - Distributivo
- P-1 - Area museale

Schema dell'organizzazione distributiva interna

Il **livello inferiore** ospiterà la porzione principale degli spazi riservati all'esposizione di mostre permanenti e temporanee a tema cinema oltre che i due piani di parcheggi interrati e la piazza pubblica. I parcheggi vengono conservati nella medesima configurazione esistente, la fascia sul lato a Nord del lotto viene allungata per ospitare un'ala a sé stante del museo dove potranno essere conservati ed esposti i materiali e le opere, posta al disotto dei percorrimenti che verranno posizionati per raggiungere il livello inferiore. All'interno di questo prolungamento verrà inserito un montacarichi per lo spostamento del materiale oltre che i relativi ambienti di stoccaggio delle opere e degli oggetti esposti. Un'ulteriore fascia di servizi per il pubblico verrà inserita nell'area vicino al vertice più a Nord del corpo principale. Il tratto di collegamento tra il corpo principale e l'ala del museo aggiuntiva viene individuato nella piazza coperta all'interno della quale verranno integrate delle sedute, delle aree verdi, degli espositori e delle mostre d'acqua provenienti dalla fontana preesistente al centro della piazza. Il sistema idraulico della fontana e dei relativi specchi d'acqua verrà alimentato da un sistema di raccoglimento delle acque piovane favorito dalla forma ad "imbuto" con cui viene prevista la copertura. Per il resto della piazza si mirerà ad integrare la maggiore quantità di superficie verde possibile in modo da generare un ambiente di evasione dal traffico della città e che riesca a contrastare, seppur di poco, i fenomeni di isola di calore urbano.

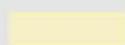
Schema dell'organizzazione funzionale del piano interrato



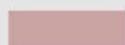
Legenda



Servizi



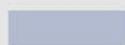
Collegamenti verticali



Area espositiva temporanea



Aree per il posteggio

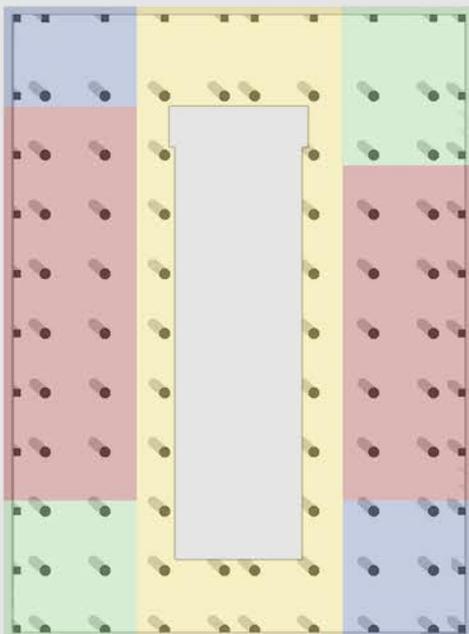


Area espositiva permanente

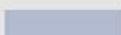
Viene predisposta una organizzazione tipologica base sia per i piani riservati alle **residenze per studenti** che per il piano destinato all'area **coworking**. Mettendo in collegamento i due corpi scala vengono delineati i percorsi di distribuzione dell'utenza all'interno del piano, questi appaiono come ballatoi interni che affacciano direttamente sulla corte centrale del complesso. Alle estremità della fascia centrale vengono disposte delle aree comuni o zone relax direttamente nei pressi dei collegamenti verticali. Nonostante il corpo scale a Est sia riservato ai flussi relativi ai clienti delle aree di ristorazione all'ultimo piano, questo può essere utilizzato in caso di incendio dagli altri piani attraverso l'apposizione di porte allarmate. Sui due vertici restanti vengono disposti le cucine per il piano relativo al cohousing; e dei servizi igienici e una sala comune per il piano relativo al coworking. Sulle due fasce rimanenti lungo i prospetti Est e Ovest vengono collocate rispettivamente le residenze per studenti e gli uffici, per questi ultimi si predispongono delle pareti apribili che permettono di plasmare gli spazi tramite diverse configurazioni. Per tutti e tre i piani il fronte Ovest viene arretrato di un filo fisso permettendo il posizionamento di una fascia di terrazzi per gli studenti o i lavoratori.

L'ultimo piano ospita due diverse **attività di ristorazione** che condividono parte dei servizi sulla fascia più a Nord. Una volta saliti attraverso il corpo scale a Sud, i clienti si ritroveranno in un piccolo spazio distributivo - attrezzato di bar, da cui poter raggiungere i ristoranti disposti lungo i fronti Est e Ovest. Entrambi verranno implementati da una terrazza panoramica coperta ricavata dall'arretramento dei prospetti attraverso l'inserimento di vetrate che richiameranno le forme curvilinee della copertura favorendo una migliore qualità dell'illuminazione e attirando l'attenzione dei visitatori.

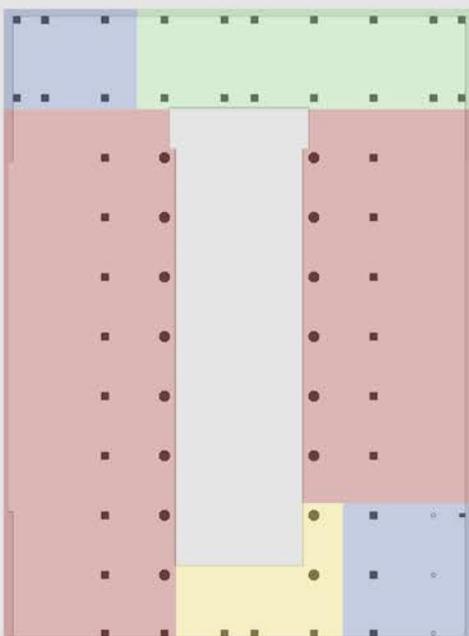
Schema dell'organizzazione funzionale dei piani +1/+2/+3



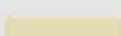
Legenda

-  Spazi comuni/servizi
-  Spazi serviti
-  Collegamenti verticali
-  Spazi servienti

Schema dell'organizzazione funzionale del piano +4



Legenda

-  Aree cucina e servizi
-  Aree per la ristorazione
-  Collegamenti verticali
-  Spazi servienti

02.2.2 - Inquadramento generale



Masterplan



Vista assometrica 1



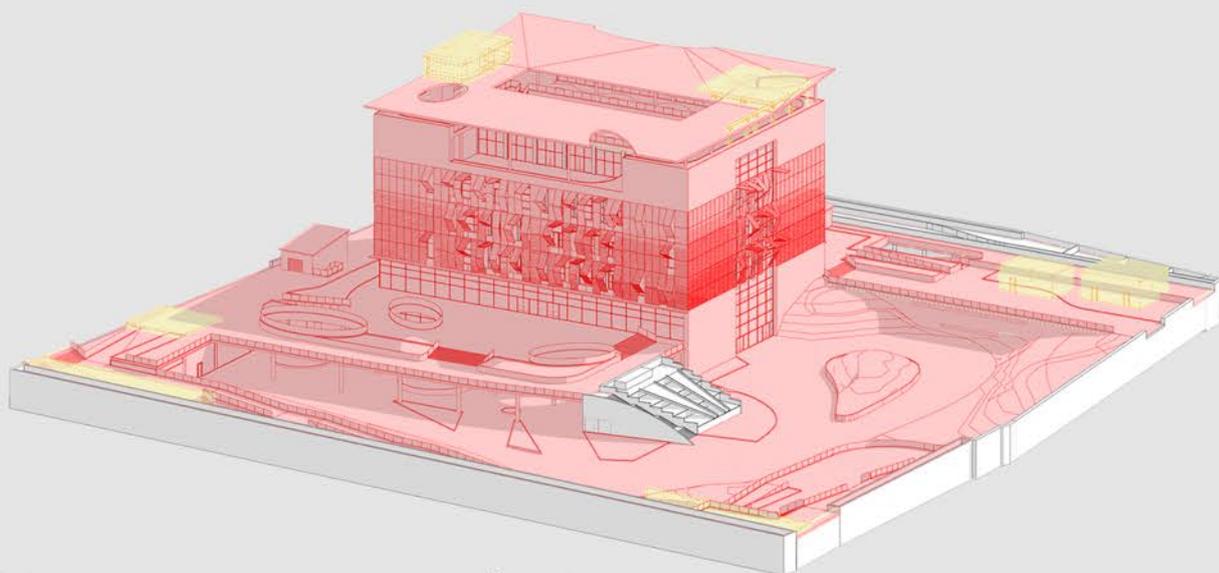
Vista assometrica 2



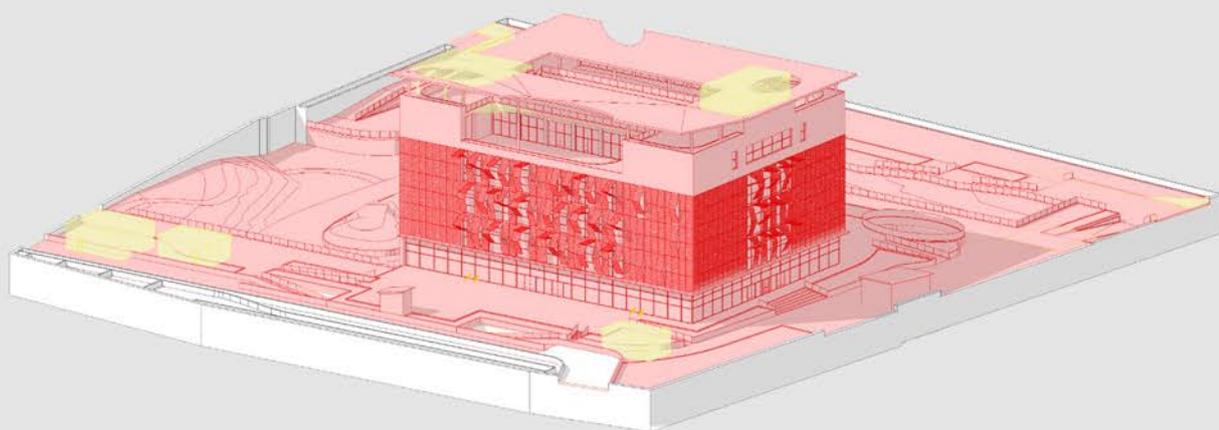
Vista prospettica comparativa prima/dopo 1



Vista prospettica comparativa prima/dopo 2



Vista assonometrica comparativa prima/dopo 1

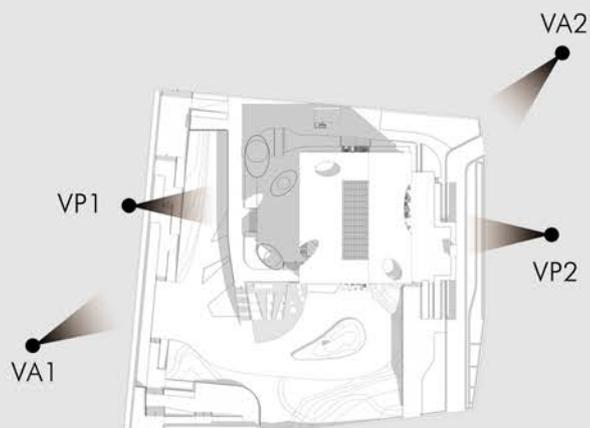


Vista assonometrica comparativa prima/dopo 2

Keyplan

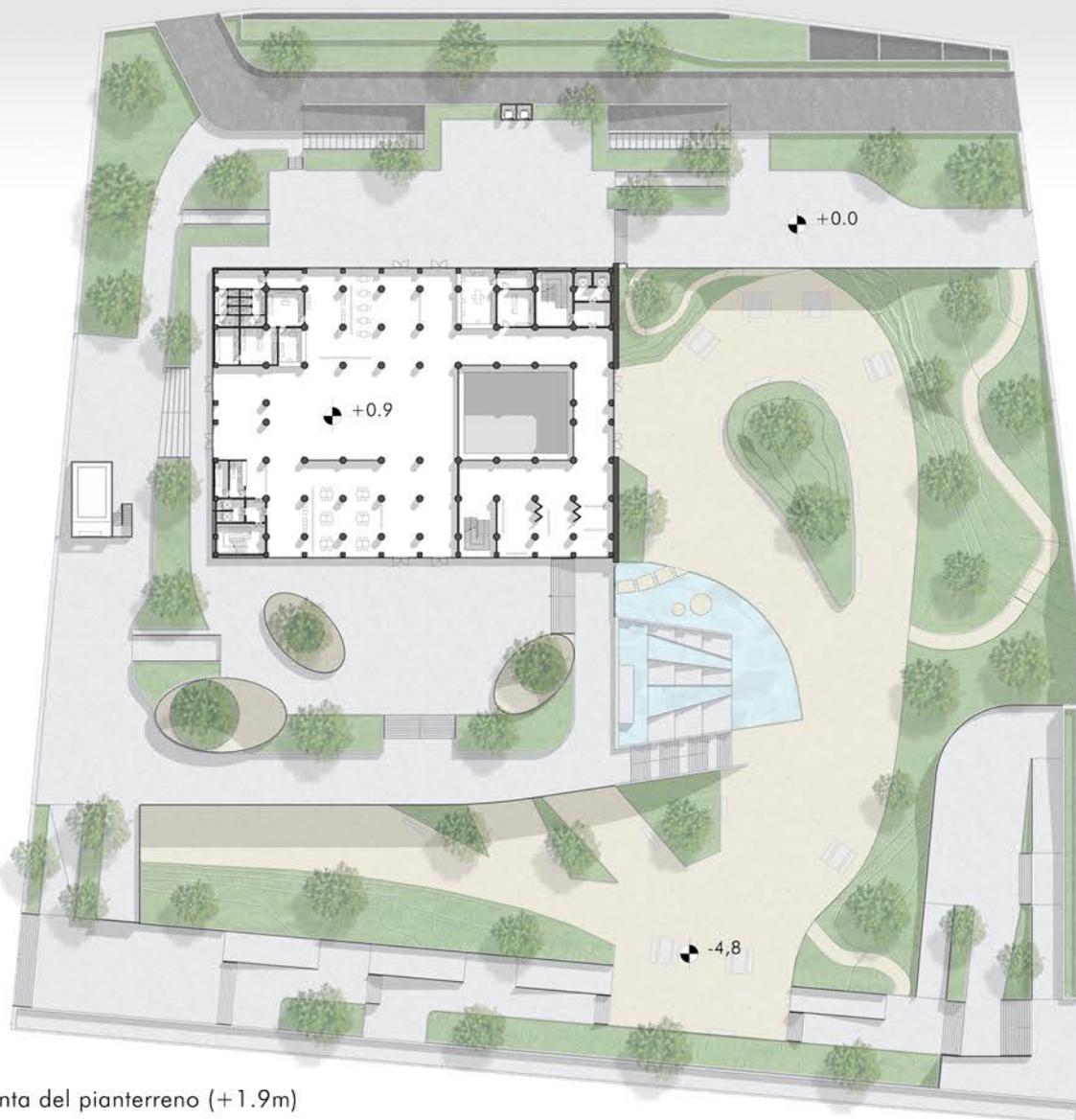
Opere di costruzione e demolizione

- Costruzioni
- Demolizioni



02.2.3 - L'area espositiva

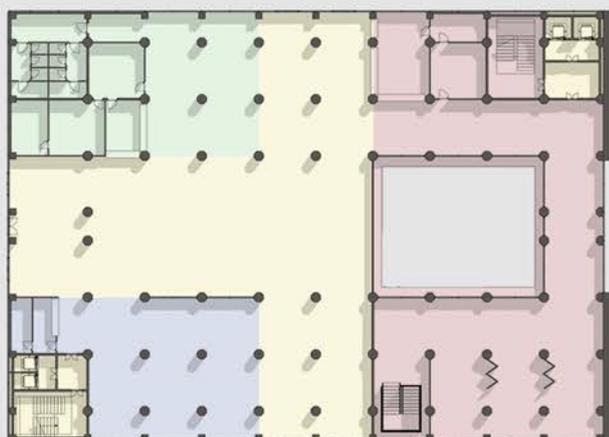
m $\frac{2.5}{0} \quad \frac{10}{5} \quad \frac{20}{15}$



Pianta del pianterreno (+1.9m)

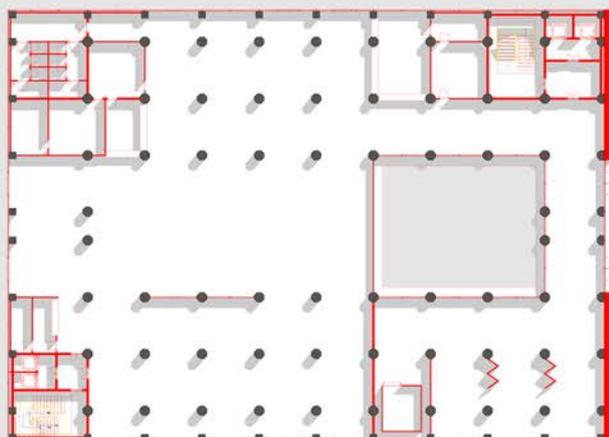


Prospetto Ovest



- Area di accesso al museo
- Spazi distributivi
- Area per gli studenti
- Accoglienza/Servizi

Organizzazione funzionale



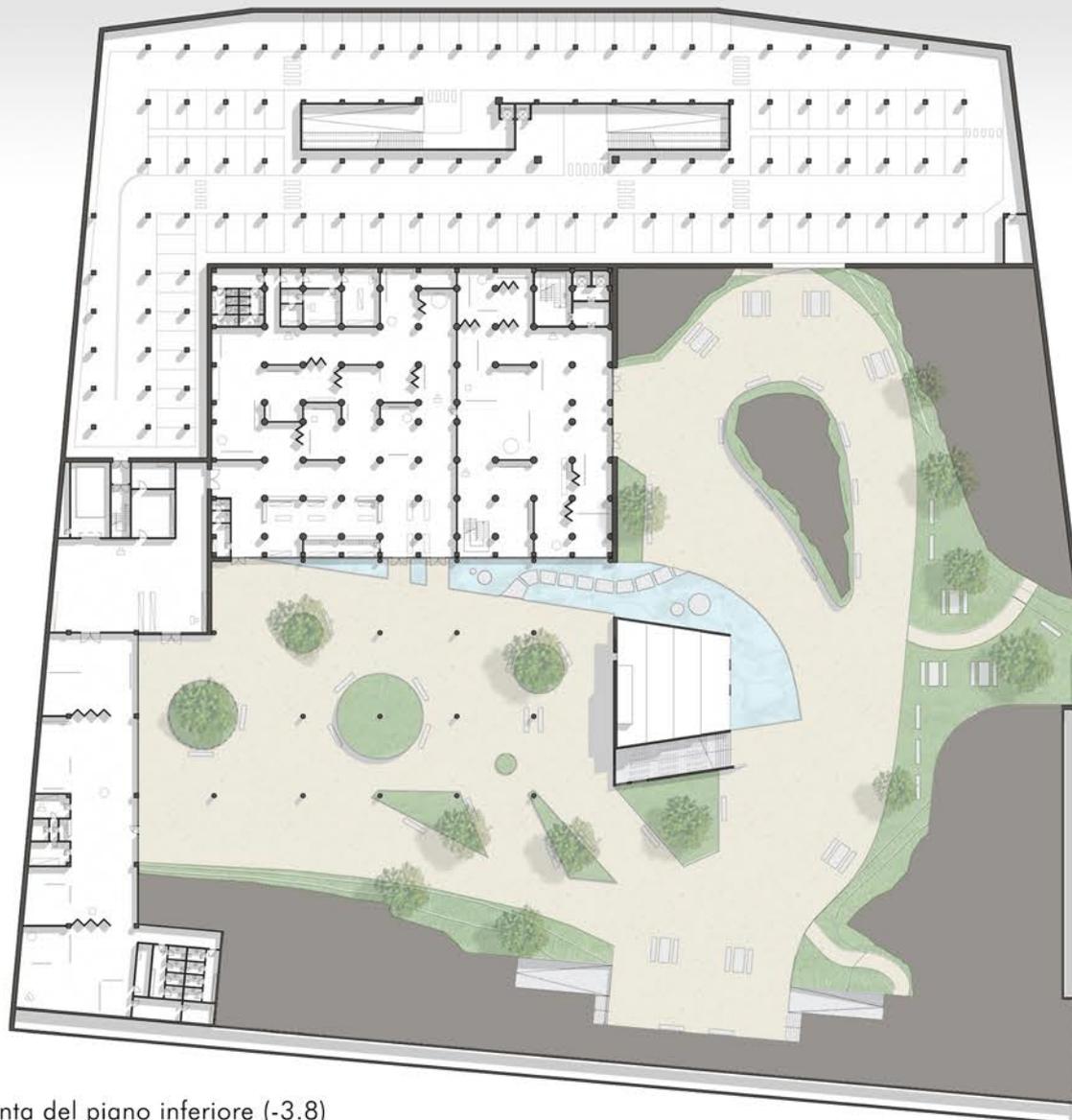
- Costruzioni
- Demolizioni

Opere di costruzione e demolizione



Prospetto Est

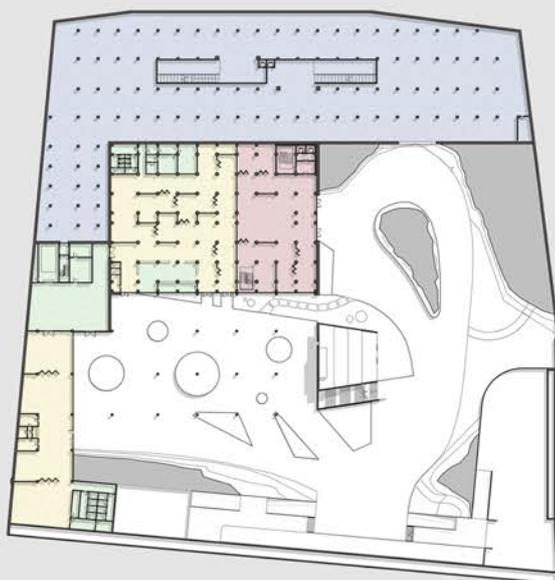
m $\frac{2.5}{0}$ $\frac{10}{5}$ $\frac{20}{15}$



Pianta del piano inferiore (-3.8)



Prospetto Nord



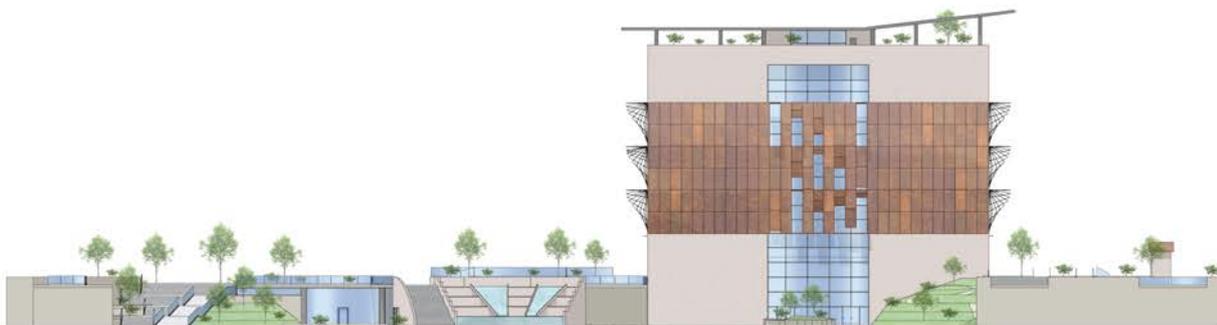
Organizzazione funzionale

- Area espositiva mostra permanente
- Area espositiva mostre temporanee
- Area per il posteggio auto
- Accoglienza/Servizi



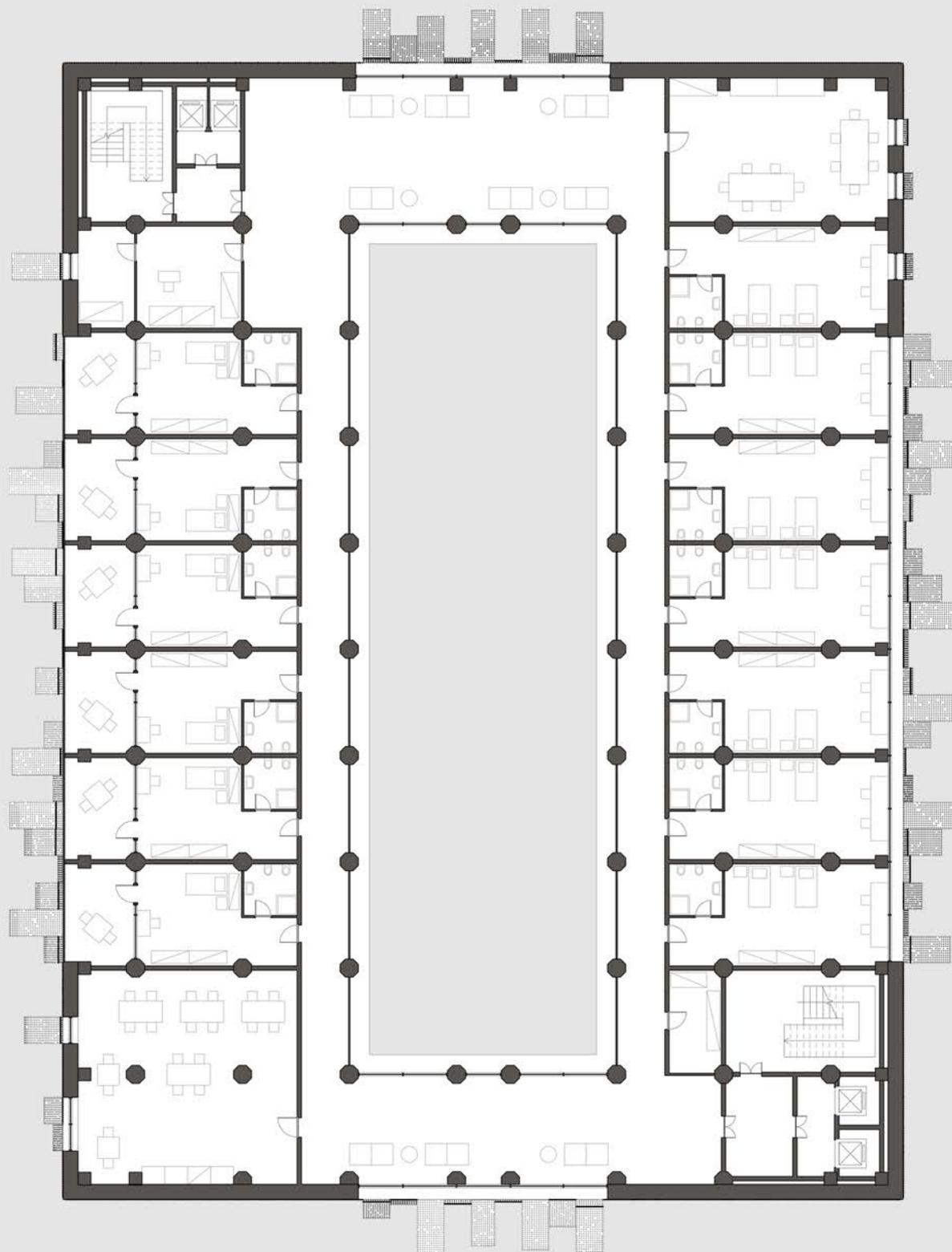
Opere di costruzione e demolizione

- Costruzioni
- Demolizioni

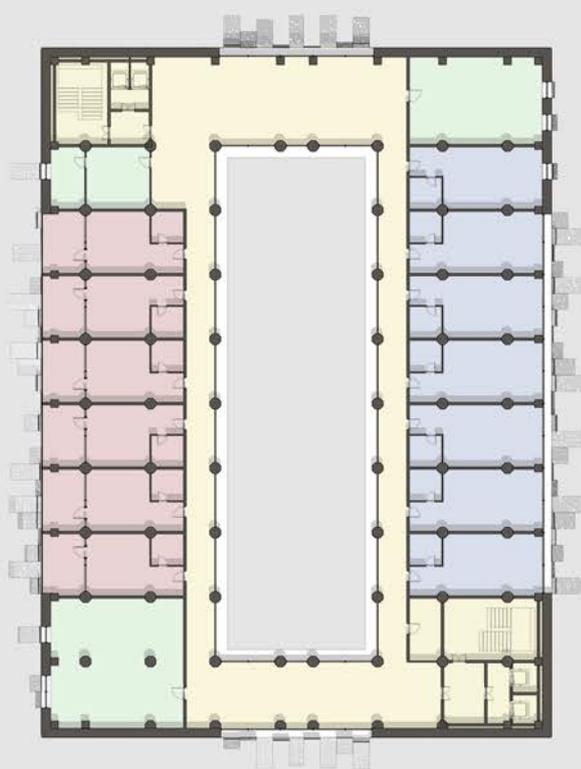


Prospetto Sud

02.2.4 - Co-housing

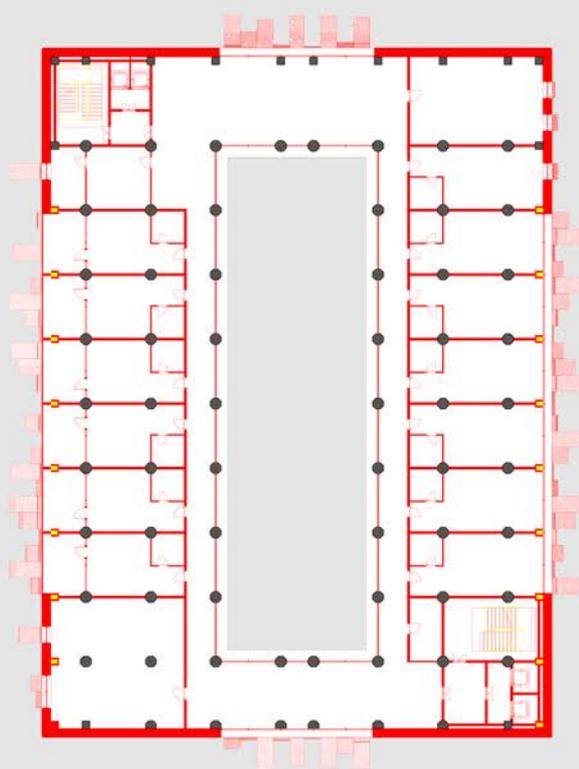


Pianta del primo e del secondo piano (+6.90/+11.90)



Organizzazione funzionale

- Camere singole
- Camere doppie
- Spazi distributivi
- Servizi/Aree comuni



Opere di costruzione e demolizione

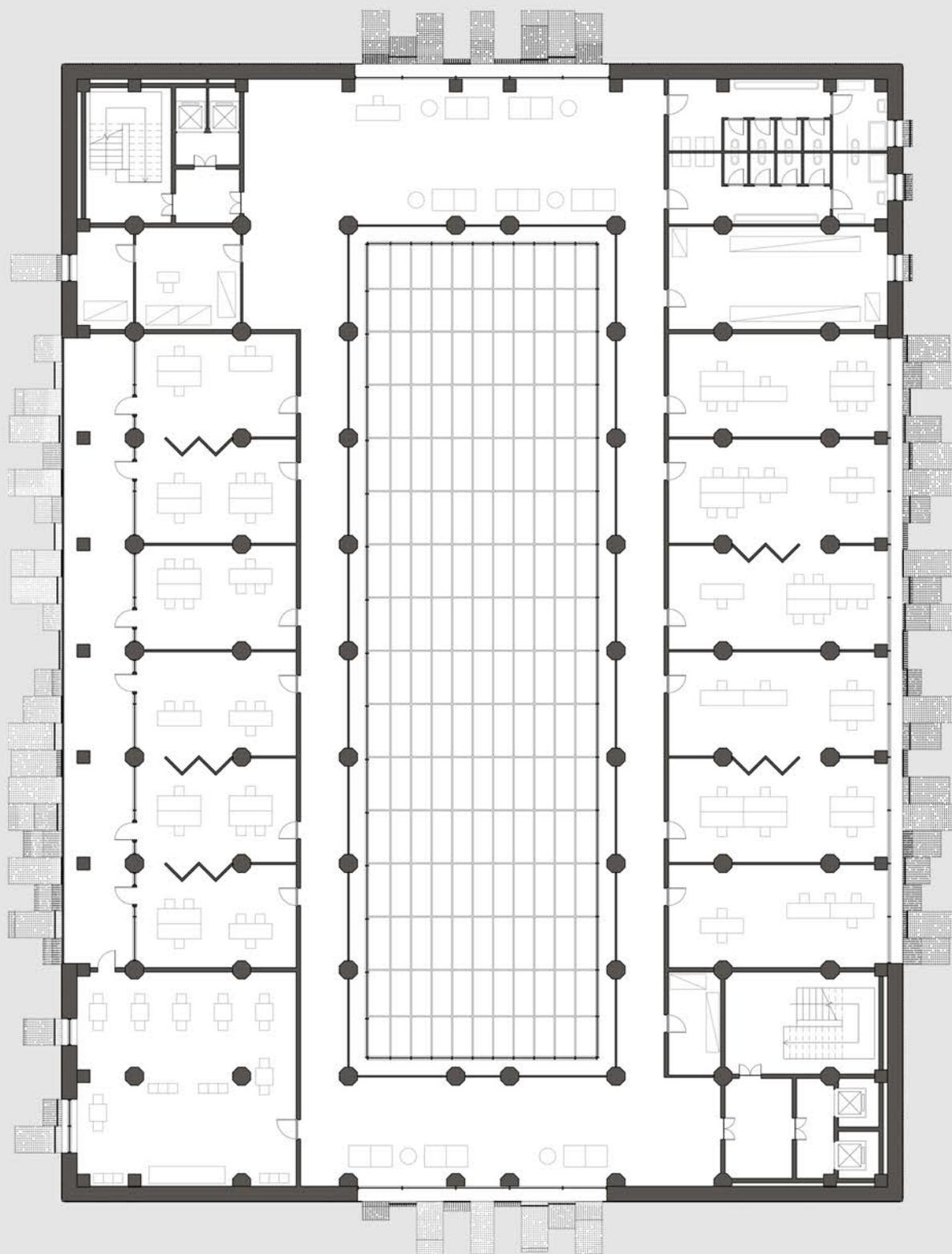
- Costruzioni
- Demolizioni

Dati quantitativi

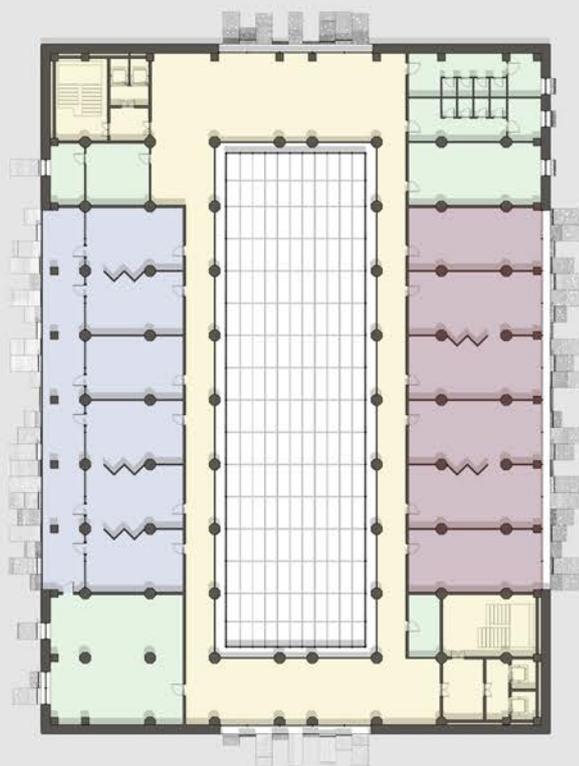
	N. UTENTI	N. AMBIENTI	MQ	MC
CAMERE SINGOLE	6	6	34.2	83.4
CAMERE DOPPIE	16	8	46.5	113.9
TOT	22	14	577.2	1411.6

	N. AMBIENTI	MQ TOT
SERVIZI	2	167.2
TERRAZZE	6	84

02.2.5 - Co-working

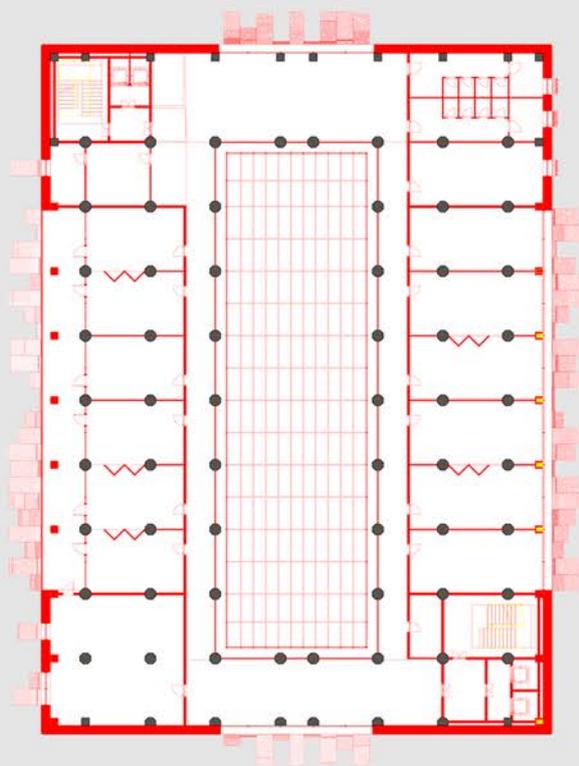


Pianta del terzo piano (+16.90)



Organizzazione funzionale

- Uffici di tipologia 1
- Uffici di tipologia 2
- Spazi distributivi
- Servizi/Aree comuni



Opere di costruzione e demolizione

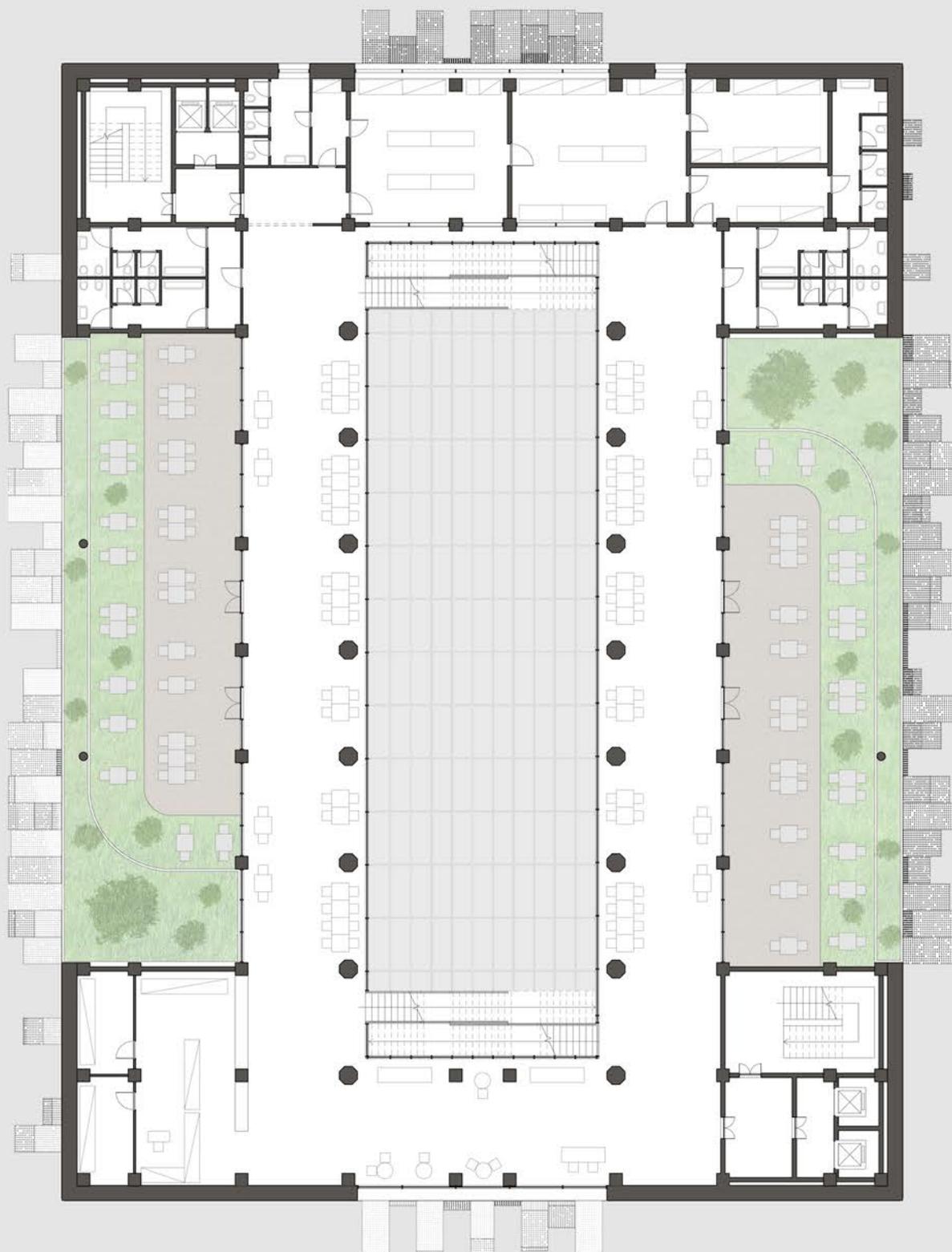
- Costruzioni
- Demolizioni

Dati quantitativi

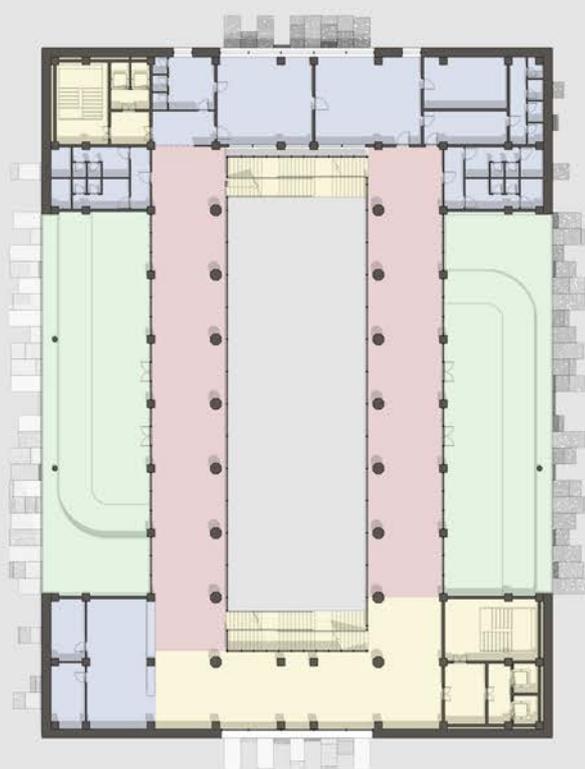
	N. UTENTI	N. AMBIENTI	MQ	MC
UFFICI TIPO 1	57	6	47.5	225.5
UFFICI TIPO 2	51	7	36.3	170
TOT	108	13	542.1	2543

	N. AMBIENTI	MQ TOT
SERVIZI	3	213
TERRAZZE	1	86.3

02.2.6 - Area di ristoro

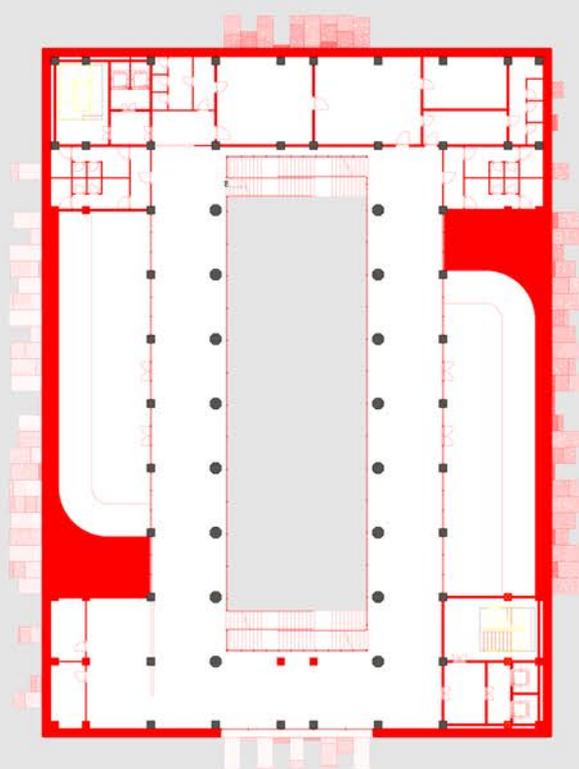


Pianta del quarto piano (+21.90)



Organizzazione funzionale

- Aree per la ristorazione
- Servizi/Cucine
- Spazi distributivi
- Terrazze



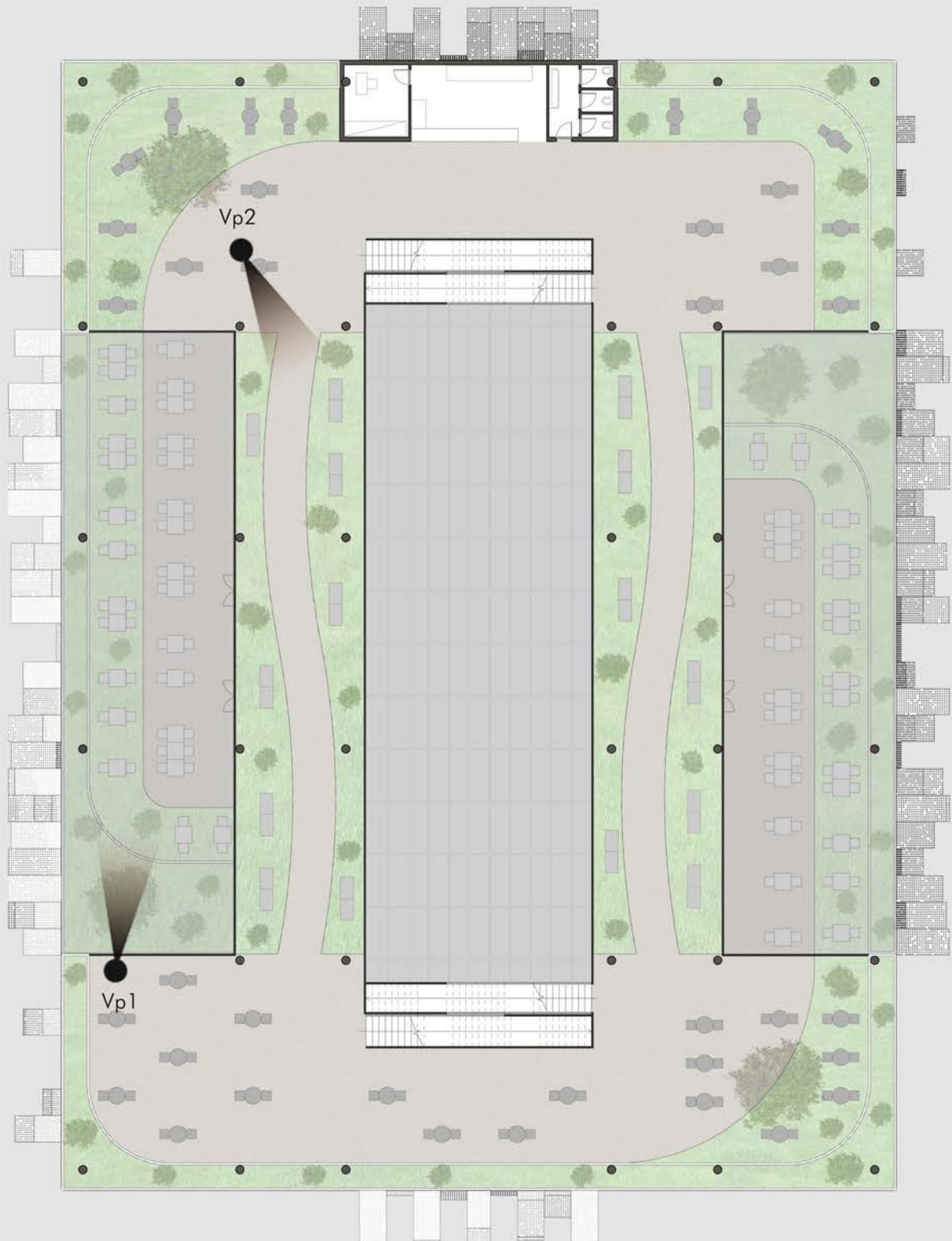
Opere di costruzione e demolizione

- Costruzioni
- Demolizioni

Dati quantitativi

	N. UTENTI	MQ	MC
RISTORAZIONE	60	550	2420
SERVIZI	27	268	1179
TERRAZZE	104	476	/

02.2.7 - Rooftop



Pianta del quinto piano (+26.90)



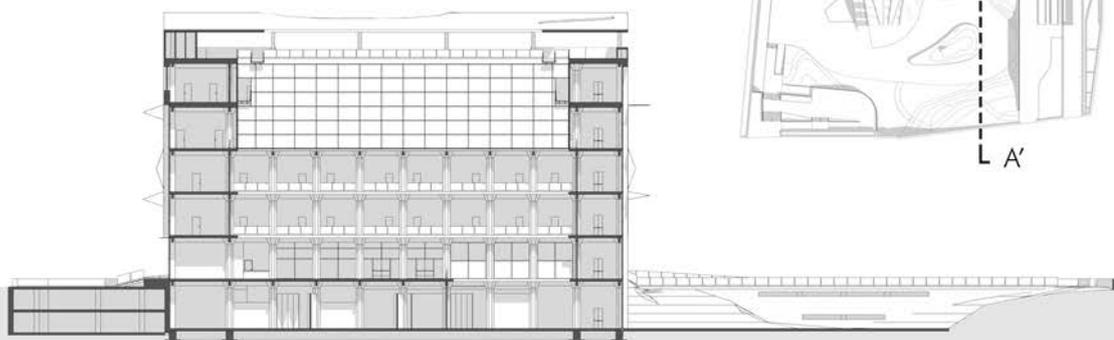
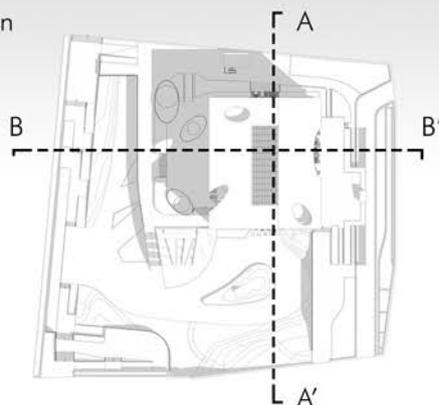
Vista prospettica 1



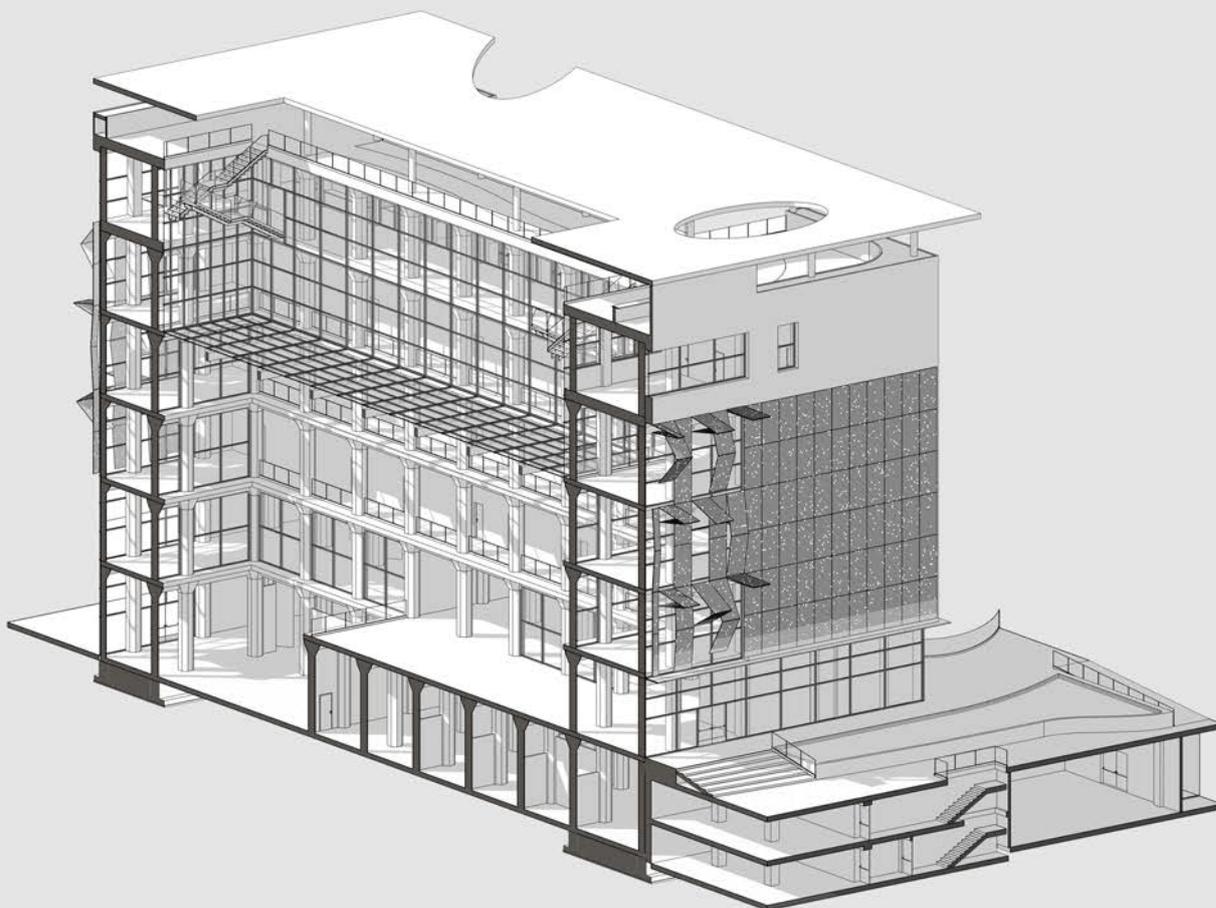
Vista prospettica 2

02.2.8 - Sezioni

Keyplan

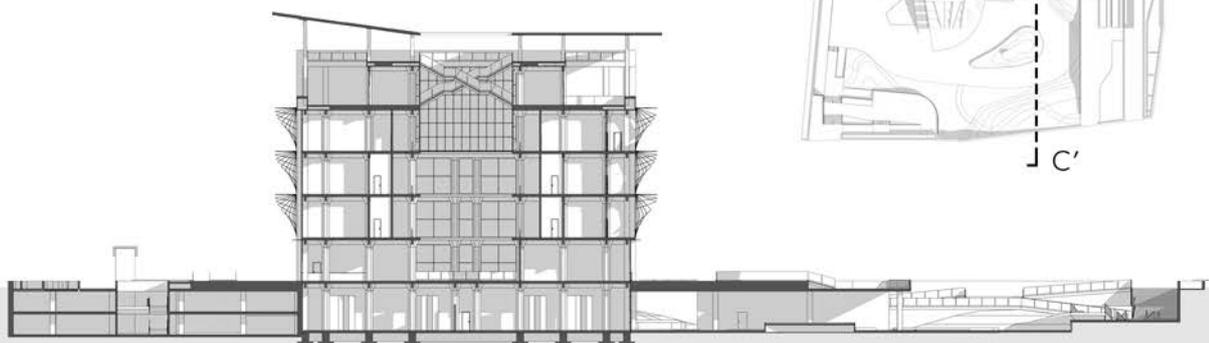
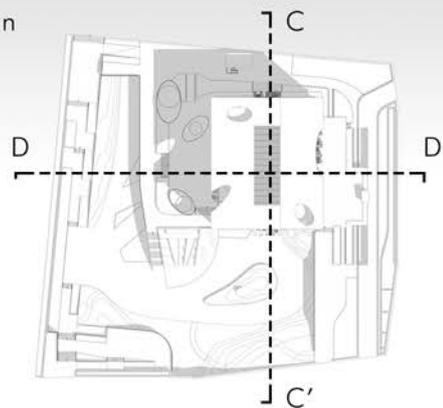


Sezione A-A'

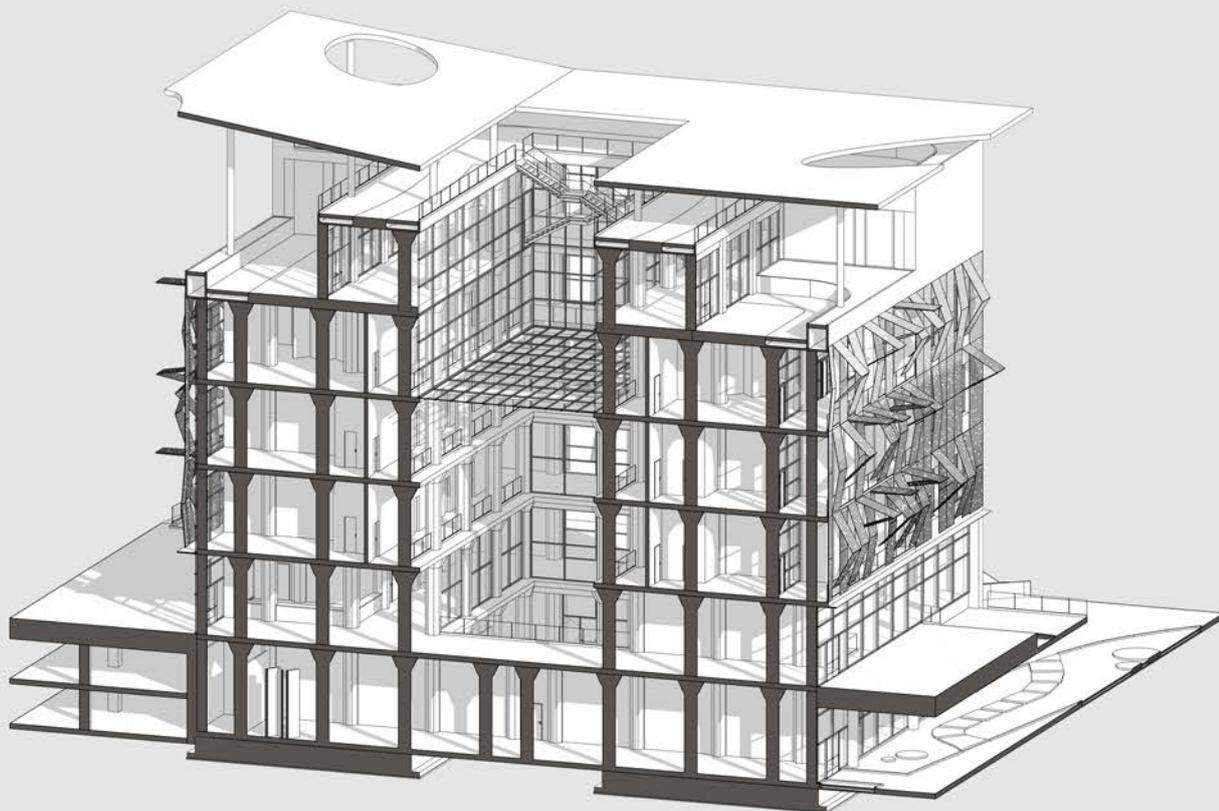


Spaccato assonometrico C-C'

Keyplan



Sezione B-B'



Spaccato assometrico D-D'

02.2.9 - Viste e percezioni



Vista prospettica 3



Vista prospettica 4



Vista prospettica 5



Vista prospettica 6

02.2.10 - Aspetti tecnologici

Elemento A

Nuovo solaio interpiano composta da:

- Massetto persistente in calcestruzzo, 23cm.
- Membrana isolante acustica, 4cm.
- Sottostrato in cemento, 6cm.
- Finitura esterna, 2cm.

Elemento B

Pilastri strutturali ottagonali persistenti in calcestruzzo armato con struttura "a fungo", diametro 80cm.

Elemento C

Montante di sostegno in acciaio compreso di binari per l'apertura del sistema di schermature a ginocchio, 10x30cm.

Elemento D

Sottostruttura delle schermature in profilati con carrello scorrevole alla base, 5x5cm.

Elemento E

Tubolare di sostegno strutturale per il fissaggio del sistema di schermature e il solaio, 25x15cm.

Elemento F

Sistema di montanti e traversi di sostegno per le vetrate, 15x5cm.

Elemento G

Pannello schermante di rivestimento in corten microforato, 125x250cm, s:2mm.

Elemento H

Tubolare orizzontale in acciaio con sistema elettrico di sollevamento a rullo per le schermature, 30x30cm.

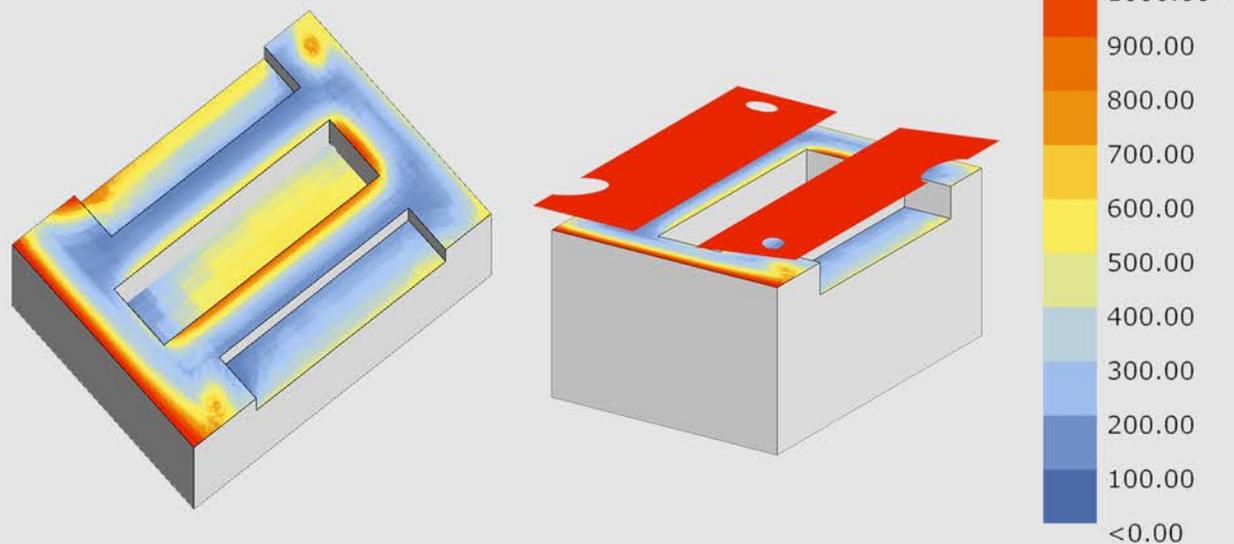
Elemento I

Vetrocamera isolante a doppio strato, 4-12-4mm.

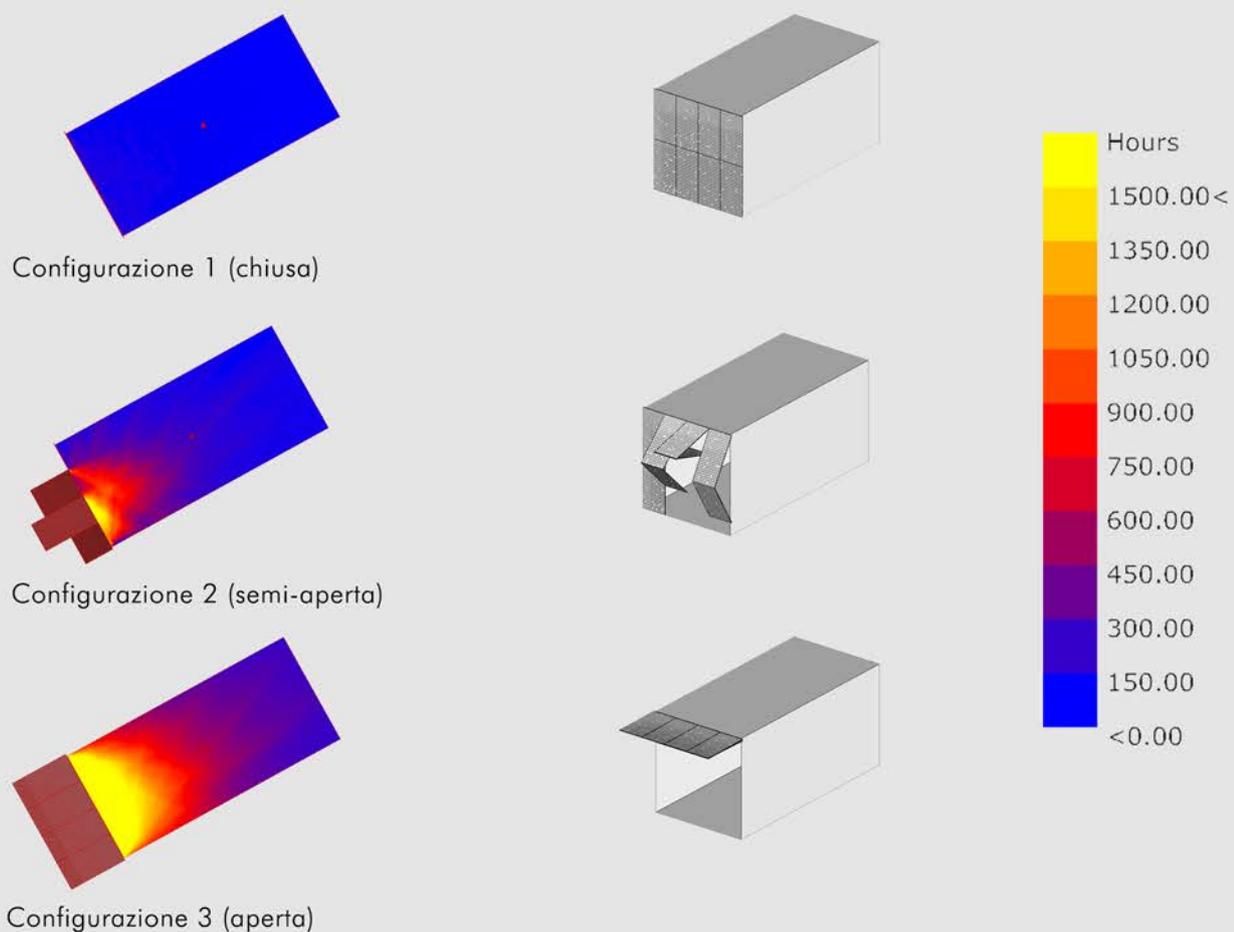
Dopo aver selezionato accuratamente la posizione delle aperture ogivali sulla **copertura** si procede con la verifica della radiazione solare incidente sulle superfici che sono state oggetto dell'ottimizzazione attraverso la quale si è giunti alla conformazione finale delle coperture. Le aperture si compongono di ellissi giacenti sul piano di appartenenza delle coperture e, grazie ad esse, è possibile incrementare l'apporto solare trasmesso su determinate porzioni dei terrazzamenti sottostanti, in queste aree sarà possibile concentrare determinate specie arboree che necessitano di luce diretta abbondante o piazzole dove posizionare sedute o punti di ritrovo. I fori sono stati disposti prevalentemente in direzione dei bordi più esterni per evitare di incrementare la radiazione solare diretta entrante all'interno della corte e gli eventuali fenomeni relativi al surriscaldamento degli ambienti interni.

Si procede infine a verificare il quantitativo di luce entrante negli ambienti interni relativi ai piani di co-housing e co-working in rapporto alle **schermature** solari modellate parametricamente. Si osserva come annualmente si ha la possibilità di variare notevolmente il quantitativo di luce entrante a seconda della configurazione che si predispone per le schermature. Attraverso le analisi condotte con la configurazione 1 si evince che c'è la possibilità di schermare quasi completamente gli ambienti interni se si tengono serrate le schermature completamente. Dalle configurazioni 2 e 3 si nota come, nei periodi invernali, vi è la possibilità di far entrare luce naturale diretta fino alla porzione di camera più interna.

Analisi della radiazione solare incidente



Analisi della quantità di ore di luce diretta annuale in una camera/ufficio esposta a Ovest



Conclusioni

Attraverso la formulazione delle diverse parti della ricerca vengono dedotte alcune **considerazioni conclusive** atte a delineare degli aspetti emersi nelle fasi più tecniche all'interno del quale è stata sviluppata la tesi. Come si è cercato di dimostrare all'interno della ricerca, la progettazione parametrica e la relativa applicazione di strumentazione VPL per migliorarne alcuni aspetti ha delle grandissime potenzialità che richiedono però un'attenta individuazione degli obiettivi preposti alla formulazione degli algoritmi e una sicurezza ferrea nella qualità dei dati immessi in questi ultimi. Gli algoritmi vanno infatti delineati con la maggiore precisione possibile e senza lasciare alcune possibilità di fraintendimento da parte della macchina. I dati con i quali si decide di lavorare vanno necessariamente verificati attraverso diverse metodologie e campi di applicazione. All'interno della ricerca è risultato più volte complesso e macchinoso il dover affrontare un cambio di direzione nella delineazione di alcuni algoritmi, cambiare logica generativa ad una fase avanzata del progetto può infatti rendere superfluo e inattuabile gran parte del lavoro svolto se non si ragiona con una mentalità il più aperta possibile verso gli eventuali cambiamenti. Risulta inoltre fondamentale comporre gli script in modo che questi diventino il più adattivi possibili ad eventuali cambi di focus: ricercando la maggiore precisione possibile nella creazione di uno strumento generativo si rischia di rimanere ancorati ad una logica che può risultare non del tutto funzionale nelle fasi finali del progetto.

Il **Parametricismo** è ad oggi tuttora oggetto di grande dibattito, non ci si prepone certo di prendere posto a questa discussione sugli indirizzi e le definizioni che andranno a caratterizzare questa tendenza architettonica. Viene tuttavia valutata come particolarmente interessante l'azione auto-critica che lo stesso

Patrik Schumacher ha condotto e sta tuttora conducendo sull'analisi di questa nuova "corrente" architettonica. Risulta fondamentale mantenersi informati sui dibattiti architettonici contemporanei in modo da avere una visione generale sull'odierno panorama architettonico lasciandosi ispirare da chi compie studi e ricerche di carattere teorico e sperimentale sulle tematiche inerenti all'edilizia.

Nei **futuri sviluppi** della ricerca ci si prepone di approfondire le tematiche relative all'approccio parametrico per l'analisi LCA, questa risulta spesso un tipo di approfondimento che prende attualmente parte all'interno del progetto solamente nelle fasi finali come strumento di verifica. Riuscire a governare le informazioni relative all'energia, alle emissioni e al costo, a monte dell'elaborazione definitiva del progetto, permette di avere maggiore sicurezza nei risultati che si otterranno mediante la progettazione e agevola l'applicazione di meccanismi decisionali più coscienti nelle scelte relative ai materiali e alle tecnologie impiegate. Uno degli eventuali sviluppi che potrebbe essere utile approfondire sarebbe quello di mettere in diretta connessione alcune valutazioni ambientali (LEED, Itaca, ecc.) all'interno dell'algoritmo in modo da donare una maggiore consapevolezza a chi progetta sulle effettive qualità dell'opera su cui si sta lavorando. Sono molti gli aspetti relativi ai materiali e alla tecnologia che vengono presi in considerazione nelle valutazioni ambientali che definiscono il grado di sostenibilità e di efficienza di un edificio, avere un quadro generale anticipato dei risultati che si stanno performando attraverso le proprie decisioni permetterebbe di indirizzare l'architettura verso uno scenario più sostenibile. Un altro aspetto della ricerca che si cercherà di approfondire è quello della diretta connessione che vi è tra un contesto ed il caso studio che si sta analizzando.

Osservare come un oggetto si relaziona a livello ambientale con il territorio sul quale insiste è fonte di grande ispirazione e apre molte strade di ricerca. Gli aspetti relativi alla termodinamica e all'illuminotecnica, nello specifico, si prestano particolarmente bene per condurre diverse tipologie di simulazione destinate al miglioramento dell'efficienza e degli standard qualitativi degli ambienti che si stanno progettando. L'attenzione con la quale si definiscono gli elementi caratterizzanti del comfort interno degli spazi è fondamentale per la produzione di opere di qualità e riuscire a gestire la modellazione di queste componenti, con dati scientifici verificati, può comportare un incremento notevole delle performance ambientali e fisico tecniche dell'edificio. Approfondire le modalità di approccio alla modellazione degli elementi costruttivi è sicuramente uno dei campi su cui si tornerà a fare ricerca in futuro.

Si **conclude** riconfermando che la progettazione architettonica non potrà mai essere scriptata in toto, la componente umana all'interno di un progetto è assolutamente necessaria per non ricadere nella generazione di spazi poco attenti alle reali necessità degli utenti per i quali viene applicata la progettazione. Un'intelligenza artificiale, per quanto potenziata e ben nutrita di dati e informazioni oggettive, non potrà mai sostituire la sensibilità architettonica che il progettista impiega nell'elaborazione delle proprie opere. Gli strumenti relativi alla progettazione parametrica e alla programmazione visuale sono tuttavia sempre più indispensabili per la gestione e l'organizzazione dei dati che, incrociandosi nei diversi aspetti progettuali e tecnologici, portano spesso al confronto diretto con meccanismi decisionali sempre più complessi e articolati. Approcciarsi a questo tipo di meccanismi con l'ausilio di strumentazioni simili aiuta a ridurre il

marginale di errore all'interno del quale un progettista può incappare impiegando i metodi tradizionali.

QR code per la visualizzazione integrale degli algoritmi



Algoritmo per la selezione della tecnologia



Algoritmo per la modellazione della copertura



Algoritmo per l'analisi della radiazione
incidente



Algoritmo per la modellazione delle
schermature

Allegati

Risultati estrapolati dagli algoritmi

Risultati e dati appartenenti all'algoritmo per la selezione della tecnologia

Città del sito di progetto:	Roma
Tipologia di mezzo di trasporto per i materiali:	Autoarticolato a 5 assi (25t)
Superficie di applicazione (m ²):	2410
Spessore (m):	0.72
Peso (kg):	538731.4
Trasmittanza (W/m ² C°):	0.072381
Embodied energy (MJ):	3.2539e+7
Embodied carbon (kgCO ₂):	2.1819e+6
Costo (€):	307998

Risultati e dati appartenenti all'algoritmo per l'analisi della radiazione solare

Radiazione fronte Nord (kWh/m ²):	276.1047
Radiazione fronte Est (kWh/m ²):	501.7945
Radiazione fronte Ovest (kWh/m ²):	688.0096
Radiazione fronte Sud (kWh/m ²):	835.9260
Superfici fronti Sud/Nord (m ²):	1076.44
Superfici fronti Est/Ovest (m ²):	782.18

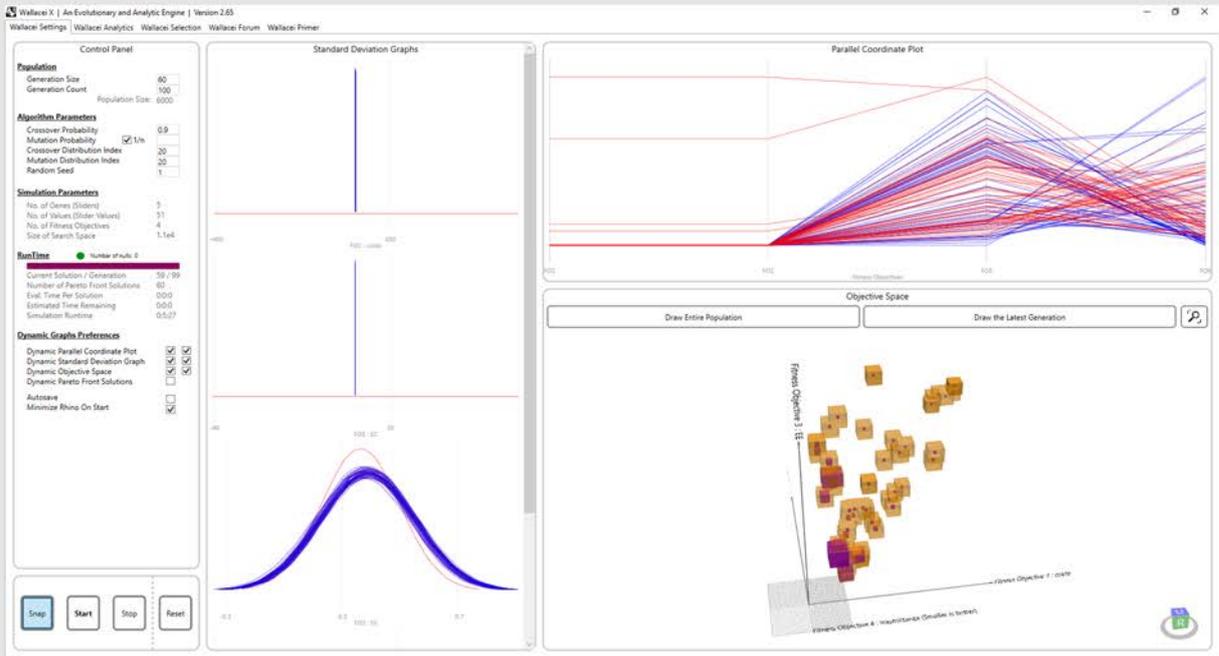
Risultati e dati per l'algoritmo di modellazione della copertura (senza aperture)

Radiazione coperture superiori (kWh/m ²):	2.618145
Radiazione rooftop(kWh/m ²):	0.311846
Radiazione terrazze panoramiche (kWh/m ²):	0.135643
Radiazione copertura vetrata (kWh/m ²):	0.162018
Superficie coperture superiori (m ²):	1786
Superficie rooftop (m ²):	1085
Superficie terrazze panoramiche (m ²):	516
Radiazione copertura vetrata (m ²):	399

Risultati e dati per l'algoritmo di modellazione della copertura (con aperture)

Radiazione coperture superiori (kWh/m ²):	2.502005
Radiazione rooftop(kWh/m ²):	0.355474
Radiazione terrazze panoramiche (kWh/m ²):	0.148207
Radiazione copertura vetrata (kWh/m ²):	0.157712
Superficie coperture superiori (m ²):	1710
Superficie rooftop (m ²):	1085
Superficie terrazze panoramiche (m ²):	516
Radiazione copertura vetrata (m ²):	399

Elaborazione dei risultati relativi alla selezione della tecnologia in Wallacei X



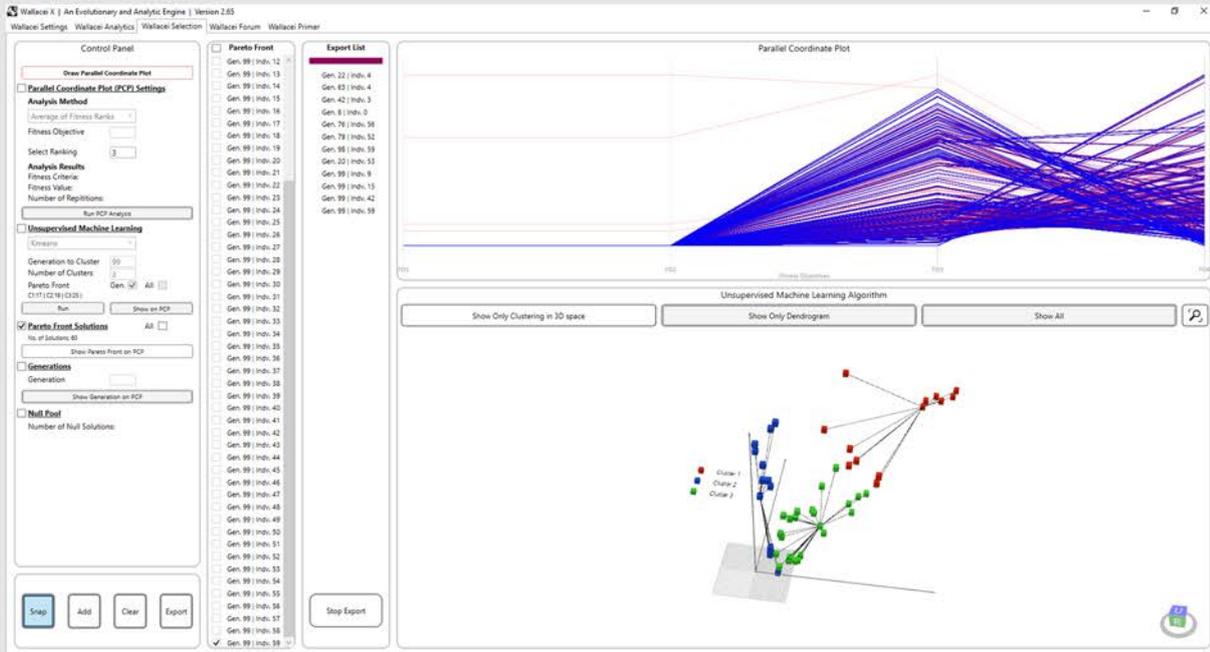
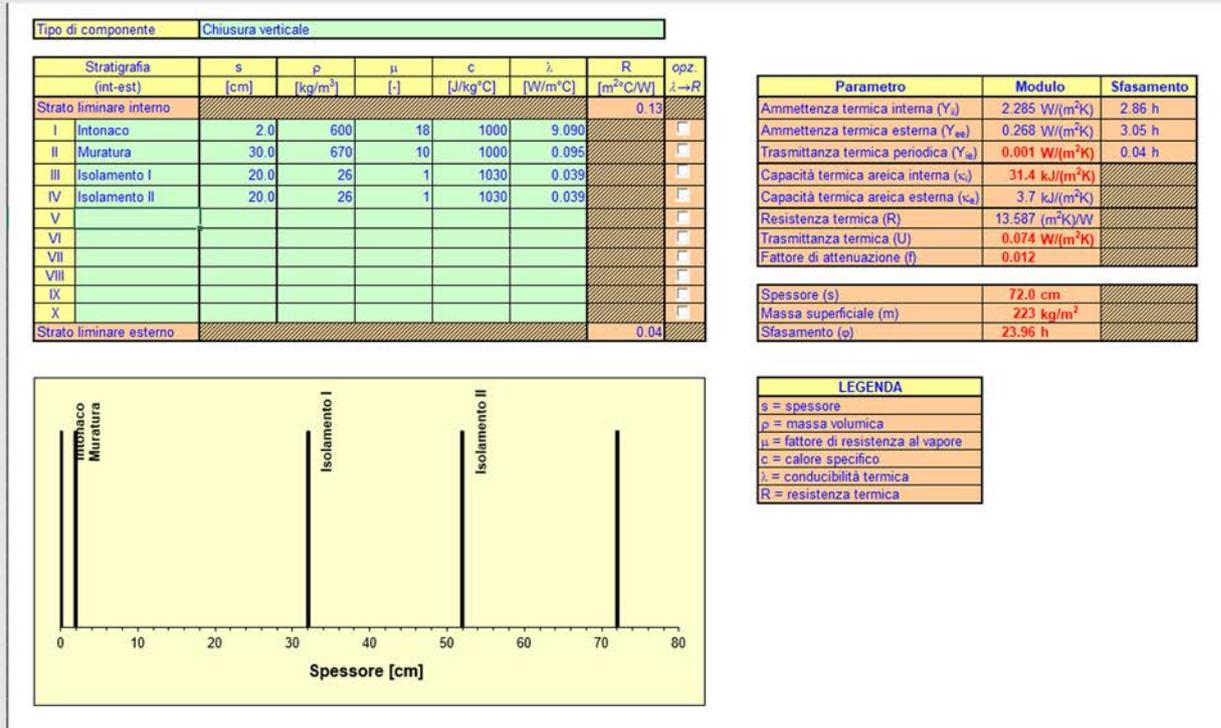


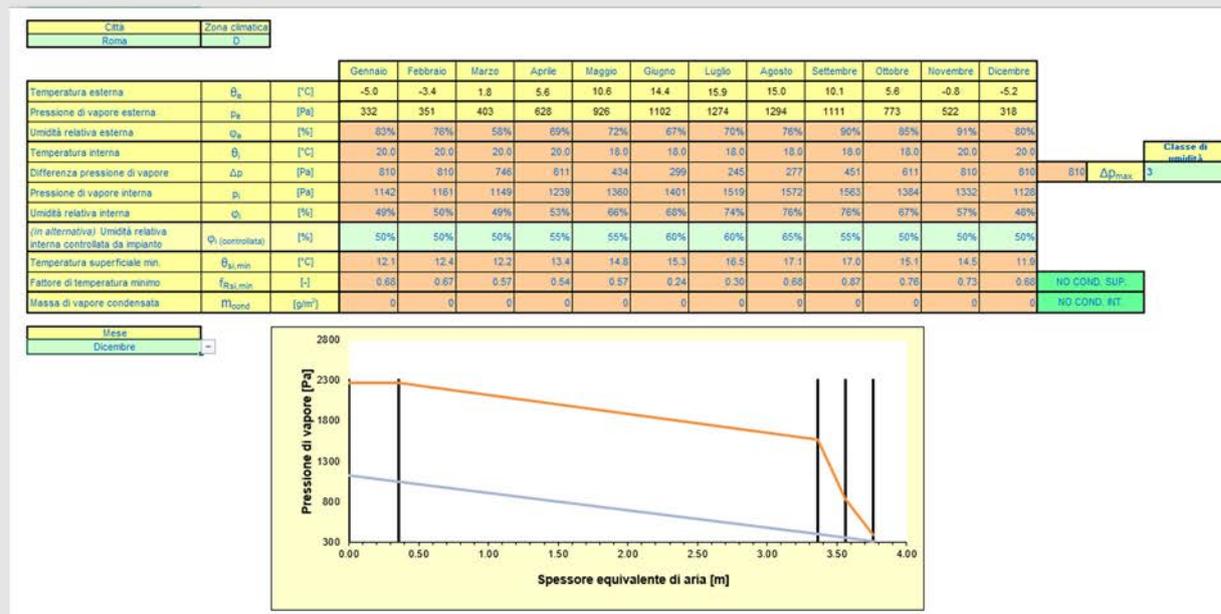
Tabella distanziometrica dei capoluoghi italiani

Firenze	Genova	L'Aquila	Milano	Napoli	Perugia	Potenza	Reggio Calabria	Roma	Torino	Trento	Udine	Venezia
260	188	423	257	401	143	464	855	308	544	454	412	300
471	785	783	354	940	622	1060	1383	740	113	418	556	449
662	407	877	711	255	567	140	439	412	998	897	866	754
101	393	206	206	570	253	668	1014	370	327	236	265	158
472	702	736	570	137	377	201	542	222	857	757	725	613
0	230	315	295	468	151	607	912	268	400	313	365	258
230	0	555	253	707	389	846	1150	507	170	391	509	402
315	555	0	433	238	175	377	681	122	720	622	588	476
295	253	433	0	764	447	875	1208	564	138	246	383	276
468	707	238	764	0	373	158	462	219	869	787	834	727
151	389	175	447	373	0	512	817	173	551	466	439	327
607	846	377	875	158	512	0	390	358	995	924	863	752
912	1150	681	1208	462	817	390	0	662	1312	1264	1278	1171
268	507	122	564	219	173	358	662	0	669	596	634	527
400	170	720	138	869	551	995	1312	669	0	380	512	405
313	391	622	246	787	466	924	1264	596	380	0	330	215
365	509	588	383	834	439	863	1278	634	512	330	0	127
258	402	476	276	727	327	752	1171	527	405	215	127	0

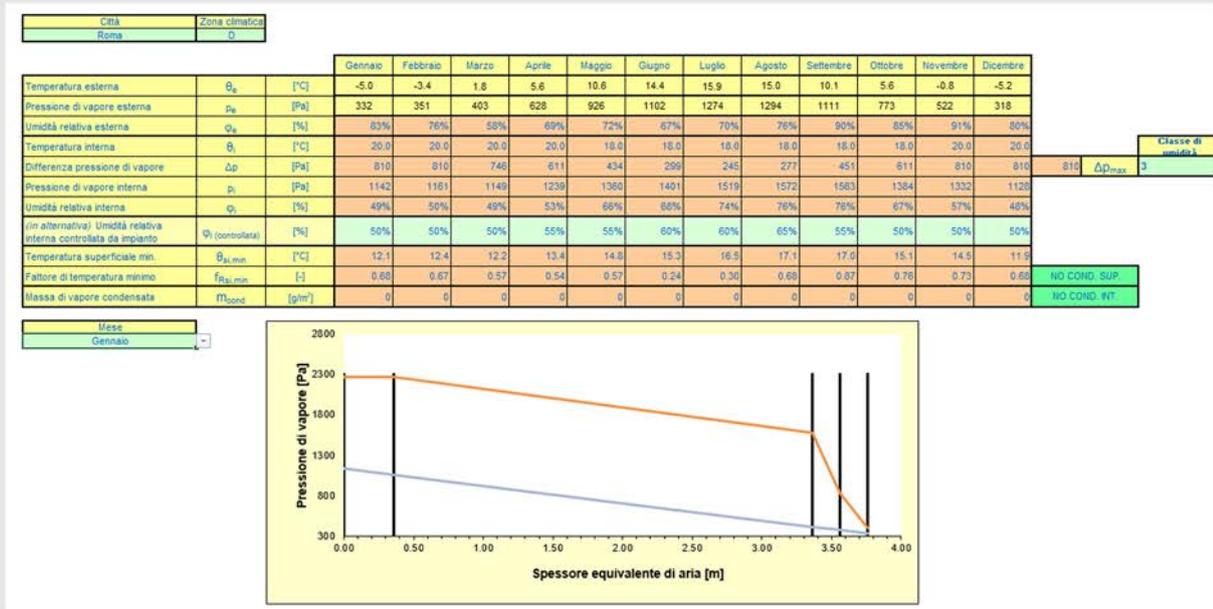
Verifica della trasmittanza e dei fenomeni di condensa



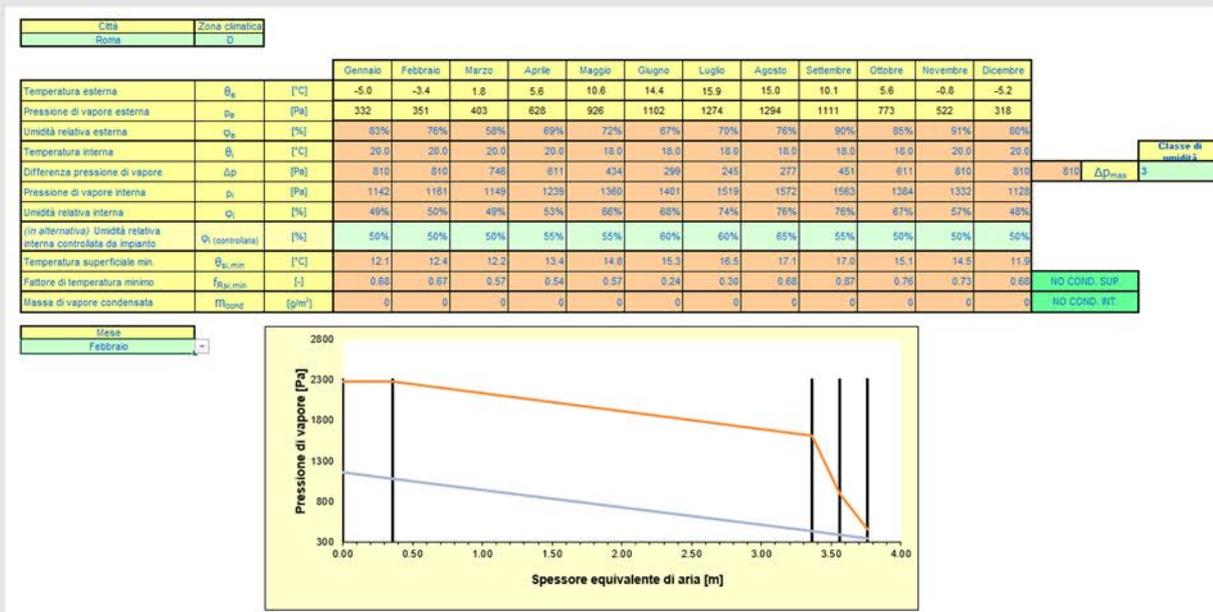
Verifica ai fenomeni di condensa (Dicembre)



Verifica ai fenomeni di condensa (Gennaio)



Verifica ai fenomeni di condensa (Febbraio)



Scheda tecnica - Intonaco termoisolante CLIMATHERM TCS



LINEA BIOEDILIZIA E RESTAURO



SCHEDA TECNICA APRILE 2021 rev. 2



Isolamento termico **CLIMATHERM**

CLIMATHERM è un Eco Intonaco Biocompatibile, Coibente, Deumidificante preconfezionato in polvere per interni ed esterni, conforme alla norma UNI EN 998-1. **CLIMATHERM** è totalmente privo di cemento o di composti appartenenti al gruppo del clinker. E' costituito da una miscela di sabbie pure minerali espanse a basso peso specifico, vagliate con arco granulometrico continuo da 0 a 4 mm. L'unico legante presente è la Calce Idraulica Naturale Pura **NHL 5** di SAINT-ASTIER conforme alla norma UNI EN 459-1. La calce **NHL 5**, di colore bianco, è prodotta mediante cottura a temperature inferiori ai 1250° C di calcari silicei e ridotta in polvere mediante il solo spegnimento dell'ossido di calcio, senza aggiunta di materiali pozzolanici o leganti idraulici di qualsiasi natura.



CARATTERISTICHE

CLIMATHERM è un intonaco Coibente, Deumidificante, preconfezionato in polvere, biocompatibile, privo di sali, prodotti chimici e composti organici volatili (VOC). Tali caratteristiche, unite alla totale natura minerale dei componenti, garantiscono la purezza, la non tossicità, la non nocività e la più totale riciclabilità del prodotto nel pieno rispetto dell'uomo e dell'ambiente. I minerali espansi, a basso peso specifico, che costituiscono **CLIMATHERM** presentano una struttura cellulare caratterizzata da micro cavità. Tale struttura conferisce al materiale potere coibente, riducendo la trasmissione di calore, oltre a capacità fonoassorbenti. L'impiego di **CLIMATHERM** rende gli intonaci ecologici, biocompatibili e reversibili, conferendo un'elevata traspirabilità al supporto sul quale viene applicato, evitando la formazione di dannose condense e la proliferazione batterica, regolando l'umidità degli ambienti.

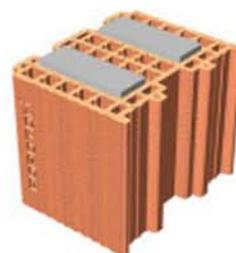
T.C.S. s.r.l. unipersonale | Via Sigalina a mattina, 8/C | 25018 Montichiari (Bs) | Tel. +39.030.964502 | Fax +39.030.9659560
www.tcs-srl.it | info@tcsscalce.it | tcssrl@pec.wmail.it | C.F., P.I. e R.I. BS 01950370989 | REA 394201 | SDI USAL8PV | C.S. € 31.200,00 i.v.



DATI TECNICI

TIPO DI PRODOTTO:	Malta per isolamento termico (T) per interni ed esterni conforme norma UNI EN 998:1
CURVA GRANULOMETRICA EN 1015-1:	0 - 4 mm
pH DELL'IMPASTO:	> 12.5
MASSA VOLUMICA APPARENTE MALTA FRESCA EN 1015-6:	media 650-730 kg/m ³
MASSA VOLUMICA APPARENTE MALTA ESSICATA EN 1015-10:	media 400 kg/m ³
MASSA VOLUMICA APPARENTE IN MUCCHIO:	media 348 kg/m ³
RESISTENZA A COMPRESSIONE EN 1015-11:	Categoria CSI
RESISTENZA A FLESSIONE EN 1015-11:	0.58 N/mm ²
ADESIONE EN 1015-12:	0.35 N/mm ² FP-B
COEFFICIENTE DI RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE ACQUEO EN 1015-19:	$\mu < 6$
ASSORBIMENTO D'ACQUA PER CAPILLARITÀ EN 1015-18:	W1
TEMPO INIZIO PRESA A 20°C 65% U.R.:	16 h
TEMPO FINE PRESA A 20°C 65% U.R.:	24 h
CONDUCIBILITÀ TERMICA EN 1745:2002 prosp. A 12:	0.057 W/(mK)
CONTENUTO DI ARIA IN MALTA FRESCA EN 1015-7:	27%
CALORE SPECIFICO EN 12524:	1000 J/(kg*K)
FONOASSORBENZA:	Rw 37 dB su stratigrafia composta da Climatherm 3 cm, Tavolato in laterizio forato 8 cm, intonaco tradizionale 1,5 cm
REAZIONE AL FUOCO EN 13501-1:	Classe A1
ACQUA D'IMPASTO:	10-11 l per sacco
RESA:	4 kg/m ² /cm di spessore
SPESSORE APPLICABILE PER STRATO:	3-4 cm
CONFEZIONI:	sacco da 17 kg
PALLET:	48 sacchi, 816 kg
CONSERVAZIONE:	18-24 mesi nella confezione originale in luogo asciutto
TEMPERATURA DI APPLICAZIONE:	da +5°C a +32°C
CLASSIFICAZIONE REACH:	Vedere SDS

Scheda tecnica - Blocchi POROTON ISO 30



POROTON® ISO

POROTON® ISO 30 30x22,5x24

CARATTERISTICHE DEL BLOCCO			(spessore 30 cm)
Dimensioni	L x S x H	mm	225 x 300 x 240
Peso		kg	11,3
Percentuale di foratura		%	≤58
Pezzi per pacco		n.	48 - 60
Peso medio del pacco		kg	542 - 678
Pezzi al m ²		n./m ²	17,8
Malta per m ²		dm ³ /m ²	7,2
Resistenza a compressione // ai carichi verticali ⁽¹⁾	f _{bm}	N/mm ²	6,3
Resistenza a compressione ⊥ ai carichi verticali	f' _{bm}	N/mm ²	1,5
Massa volumica a secco lorda		kg/m ³	670
Conducibilità termica	λ _{30,dy}	W/mK	0,091

CARATTERISTICHE DELLA MURATURA			(spessore 30 cm)
PRESTAZIONI TERMICHE DELLA PARETE			
Conducibilità termica	λ	W/mK	0,095
Trasmittanza termica ⁽²⁾	U	W/m ² K	0,296
Massa superficiale	M _s	kg/m ²	210
Trasmittanza termica periodica ⁽³⁾	Y _{IE}	W/m ² K	0,072
Sfasamento ⁽²⁾	S	ore	17,98
Fattore di attenuazione ⁽³⁾	fa	adim.	0,021
ACUSTICA E RESISTENZA AL FUOCO			
Potere fonoisolante ⁽⁴⁾	R _w	dB	48
Resistenza al fuoco ⁽⁵⁾		minuti	EI 240
CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE			
Calore specifico	c _p	J/kgK	1000
Permeabilità al vapore	δ	kg/msPa	20x10 ⁻¹²
Resistenza alla diffusione del vapore	μ	adim.	10

⁽¹⁾ f_{bm} = f_{bu}/0,8 - Valore di f_{bu} dichiarato, valutato in base ai requisiti Categoria I (NTC 2018)

⁽²⁾ Parete intonacata

Roulrock kraft (121)

Feltro in lana di roccia a bassa densità, rivestito su un lato da un foglio di carta kraft politenata con funzione di freno vapore.

Prodotto concepito per l'isolamento termico ed acustico dell'ultimo solaio in sottotetti non abitabili.

La facilità di trasporto e di posa del prodotto lo rendono particolarmente adatto per applicazioni "fai da te".



Dimensioni disponibili

Rotoli di larghezza 1200 mm e lunghezza variabile in funzione dello spessore
Spessori da 50 a 200 mm

VANTAGGI

- Prestazioni termiche: la disponibilità di spessori elevati permette di ottenere un notevole comfort abitativo sia invernale che estivo.
- Proprietà acustiche: la struttura a celle aperte della lana di roccia può contribuire al miglioramento delle prestazioni fonoisolanti dell'elemento costruttivo su cui il feltro viene installato.
- Controllo del vapore: la carta kraft politenata che ricopre un lato del feltro svolge la funzione di freno vapore, utile in particolari condizioni termoigrometriche.
- Stabilità dimensionale: il pannello non subisce variazioni dimensionali o prestazionali al variare delle condizioni igrometriche dell'ambiente.

Dati tecnici	Valore	Norma
Reazione al fuoco	NPD (Nessuna Prestazione Determinata)	UNI EN 13501-1
Conduktività termica dichiarata	$\lambda_D = 0,040 \text{ W/(mK)}$ per spessori da 50 a 160 mm $\lambda_D = 0,039 \text{ W/(mK)}$ per spessore 200 mm	UNI EN 12667, 12939
Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore acqueo	$\mu = 1^*$	UNI EN 13162
Densità	$\rho = 26 \text{ kg/m}^3$	UNI EN 1602
Calore specifico	$C_p = 1030 \text{ J/(kgK)}$	UNI EN ISO 10456

*Valore relativo alla sola lana di roccia; al fine di valutazioni analitiche possono ritenersi indicativi, per il rivestimento in carta kraft politenata utilizzata, valori di Sd (spessore d'aria equivalente) pari a 0,41 m, permeabilità $\delta = 0,048 \times 10^{-12} \text{ kg/(msPa)}$ e spessore del foglio di circa 0,1 mm.

Spessore e R_D	
Spessore [mm]	50 60 80 100 120 140 160 200
Resistenza termica R_D [m ² K/W]	1,25 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 5,10

Database dei materiali e i loro valori

INTONACI	SPESSORE INTONACI (m)	PESO SUPERFICIALE INTONACI (kg/mq)
0 Calce con sabbia	0 0.02	0 32
1 Cemento con sabbia	1 0.02	1 36
2 Gesso con sabbia	2 0.02	2 32
3 Intonaco di gesso - DR	3 0.02	3 20
4 Intonaco di gesso - DM	4 0.02	4 26
5 Intonaco di gesso con isolamento	5 0.02	5 12
6 Intonaco slow set	6 0.02	6 36

MURATURE	SPESSORE MURATURE (m)	PESO SUPERFICIALE MURATURE (kg/mq)
0 Blocchi leggeri POROTON P600 - SR	0 0.2	0 118.08
1 Blocchi leggeri POROTON P600 - SM	1 0.25	1 144.32
2 Blocchi leggeri POROTON P600 - SA	2 0.3	2 164
3 Blocchi forati POROTON P700 -SR	3 0.25	3 200.1
4 Blocchi forati POROTON P700 -SM	4 0.3	4 225.28
5 Blocchi forati POROTON P700 - SA	5 0.35	5 243
6 Blocchi semipieni POROTON P800 - SR	6 0.3	6 239.4
7 Blocchi semipieni POROTON P800 - SM	7 0.35	7 284.4
8 Blocchi semipieni POROTON P800 - SA	8 0.4	8 305.61
9 Blocchi isolati con EPS POROTON ISO - SM	9 0.3	9 201.14
10 Blocchi isolati con EPS POROTON ISO - SA	10 0.36	10 222.72
11 Pannelli prefabbricati in cls a taglio termico LEDILE - SM	11 0.2	11 360
12 Pannelli prefabbricati in cls a taglio termico LEDILE - SA	12 0.3	12 420
13 Pannelli prefabbricati in CLT KLH - SR	13 0.1	13 50
14 Pannelli prefabbricati in CLT KLH - SM	14 0.2	14 100
15 Pannelli prefabbricati in CLT KLH - SA	15 0.3	15 150

ISOLANTI	SPESSORE ISOLANTI (m)	PESO SUPERFICIALE ISOLANTI (kg/mq)
0 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SR	0 0.05	0 1.3
1 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SM	1 0.1	1 2.6
2 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Roulrock kraft 121 - DR - SA	2 0.2	2 5.2
3 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SR	3 0.06	3 4.2
4 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SM	4 0.1	4 7
5 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Ventirock Duo - DM - SA	5 0.2	5 14
6 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA -SR	6 0.05	6 7.5
7 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA - SM	7 0.1	7 15
8 Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL Flatrock 70 - DA - SA	8 0.16	8 24
9 Pannelli in fibra di legno STEICO PROTECT - SR	9 0.06	9 15.9
10 Pannelli in fibra di legno STEICO PROTECT - SM	10 0.08	10 18.4
11 Pannelli in fibra di legno STEICO PROTECT - SA	11 0.1	11 23
12 Pannelli in sughero CORKPAN - SR	12 0.11	12 14.3
13 Pannelli in sughero CORKPAN - SM	13 0.15	13 19.5
14 Pannelli in sughero CORKPAN - SA	14 0.2	14 22
15 Pannelli in EPS KNAUF 030T100 - SR	15 0.1	15 10.2
16 Pannelli in EPS KNAUF 030T100 - SM	16 0.16	16 16.32
17 Pannelli in EPS KNAUF 030T100 - SA	17 0.2	17 20.4
18 Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SR	18 0.08	18 8
19 Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SM	19 0.12	19 12
20 Pannelli in fibra di canapa EDILCANAPA - SA	20 0.16	20 16
21 Pannelli in lana di vetro ISOVER CLIMA 34 - SR	21 0.1	21 12
22 Pannelli in lana di vetro ISOVER CLIMA 34 - SM	22 0.16	22 19.2
23 Pannelli in lana di vetro ISOVER CLIMA 34 - SA	23 0.2	23 24

RESISTENZA TERMICA INTONACI (mqK/W)	EMBODIED ENERGY INTONACI (MJ/kg)	EMBODIED CARBON INTONACI (kgCO2/kg)
(0;0)	(0;0)	(0;0)
0 0.025	0 1.45	0 0.22
1 0.02	1 1.34	1 0.213
2 0.025	2 1.4	2 0.09
3 0.05	3 1.6	3 0.11
4 0.035088	4 1.8	4 0.13
5 0.1111111	5 8	5 1.2
6 0.02	6 2.2	6 0.4

RESISTENZA TERMICA MURATURE (mqK/W)	EMBODIED ENERGY MURATURE (MJ/kg)	EMBODIED CARBON MURATURE (kgCO2/kg)
(0;0)	(0;0)	(0;0)
0 1.428571	0 0.8	0 0.24
1 1.538462	1 0.8	1 0.24
2 1.851852	2 0.8	2 0.24
3 1.388889	3 0.91	3 0.24
4 2	4 0.91	4 0.24
5 2.5	5 0.91	5 0.24
6 1.754386	6 1.11	6 0.24
7 2.325581	7 1.11	7 0.24
8 2.12766	8 1.11	8 0.24
9 3.448276	9 24.2	9 0.65
10 3.571429	10 24.2	10 0.65
11 2.941176	11 2.3	11 0.74
12 2.941176	12 2.3	12 0.74
13 0.769231	13 9.2	13 -1.2
14 1.538462	14 11.1	14 -1.2
15 2.325581	15 12.2	15 -1.2

RESISTENZA TERMICA ISOLANTI (mqK/W)	EMBODIED ENERGY ISOLANTI (MJ/kg)	EMBODIED CARBON ISOLANTI (kgCO2/kg)
(0;0)	(0;0)	(0;0)
0 1.25	0 14.1	0 1.1
1 2.5	1 14.1	1 1.1
2 5.128205	2 14.1	2 1.1
3 1.714286	3 15.7	3 1.2
4 2.857143	4 15.7	4 1.2
5 5.714286	5 15.7	5 1.2
6 1.315789	6 23.4	6 1.7
7 2.631579	7 23.4	7 1.7
8 4.210526	8 23.4	8 1.7
9 1.25	9 8.5	9 -0.93
10 1.73913	10 8.5	10 -0.93
11 2.173913	11 8.5	11 -0.93
12 2.820513	12 6.3	12 -0.88
13 3.846154	13 6.3	13 -0.88
14 5.128205	14 6.3	14 -0.88
15 3.333333	15 88.6	15 3.3
16 5.333333	16 88.6	16 3.3
17 6.666667	17 88.6	17 3.3
18 2.051282	18 9.2	18 -1.1
19 3.076923	19 9.2	19 -1.1
20 4.102564	20 9.2	20 -1.1
21 2.941176	21 1.53	21 1.35
22 4.705882	22 1.53	22 1.35
23 5.882353	23 1.53	23 1.35

Bibliografia

- [1] Domusweb, *Architettura parametrica*, DOMUS, <https://www.domusweb.it/it/movimenti/architettura-parametrica.html>, 2019.
- [2] UNRIC, *Obiettivi per lo sviluppo sostenibile*, Centro Regionale di Informazioni delle Nazioni Unite, <https://unric.org/it/agenda-2030/>, 2015.
- [3] Commissione Europea, *The European Green Deal*, EUR-LEX, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF, 2019.
- [4] BibLusBIM, *I vantaggi del BIM*, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/i-vantaggi-del-bim/>, 2021.
- [5] CNAPPC, CRESME, *BIM monitoring, l'innovazione e il mercato in Italia*, CRESME, <https://www.lavoripubblici.it/documenti2019/lvpb1/BIM-monitoring-CNAPPC-CRESME.pdf>, 2019.
- [6] Calvano M., *Dalla Forma al BIM, Progettare con i modelli informati*, Academia, https://www.academia.edu/71389084/Dalla_forma_al_BIM_Progettare_con_i_modelli_informati, 2015.
- [7] Foster Gage M., *A Hospice for Parametricism*, Architectural design – Parametricism 2.0 n.240, <https://www.wiley.com/en-it>, 2016.
- [8] Burry M., *Essential Precursors to the Parametricism Manifesto*, Architectural design – Parametricism 2.0 n.240, <https://www.wiley.com/en-it>, 2016.
- [9] Beck A., *60 Years of CAD Infographic: The History of CAD since 1957*, CADENAS Partsolutions, <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>, 2019.
- [10] Lo Turco M., *Il BIM e la rappresentazione infografica del processo edilizio – Dieci anni di ricerche e applicazioni*, Aracne, Roma, 2015.
- [11] Bucci F., Mulazzani M., *Luigi Moretti. Opere e scritti*, pp. 204-208, carteggio con Giulio Roisecco, Electa, Milano, 2006,
- [12] Redazione BibLus-net, *L'evoluzione del BIM; il mondo della ricerca*, BibLus-net, <https://biblus.acca.it/bim-e-modello-virtuale-delledificio/>, 2016.

[13] Schumacher P., *Parametricism as Style – Parametricist Manifesto*, presentato e discusso al “Dark Side Club” durante l’Undicesima Biennale d’architettura, Venezia, 2008.

[14] Schumacher P., *Parametricism 2.0*, Architectural design – Parametricism 2.0 n.240, <https://www.wiley.com/en-it>, 2016.

[15] Bagni B., *Omaggio al padre del BIM: Charles M. Eastman*, BIMportale, <https://www.bimportale.com/omaggio-al-padre-del-bim-charles-m-eastman/>, 2020.

[16] BibLusBIM, *Modeling, model e management: le tre M del BIM e i software giusti per affrontarle*, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/building-information-modeling-model-management/>, 2021.

[17] Furcolo M., *Le 10 dimensioni del BIM*, BibLus-net, <https://biblus.acca.it/focus/le-dimensioni-del-bim/>, 2019.

[18] Redazione GoPillar Academy, *Il BIM con Revit vs. Archicad a confronto*, Professionearchitetto, <https://www.professionearchitetto.it/formazione/notizie/28627/Il-BIM-con-Revit-vs-Archicad-a-confronto>, 2021.

[19] Sblendorio M., *Ambiente. Piattaforma. Strumento BIM*, Behindesign, <http://www.behindesign.it/come-scegliere-il-bim-giusto-e-dare-una-svolta-alla-carriera/>, 2019.

[20] Redazione ADHOX, *Come funzionano i portali dove scaricare oggetti BIM*, ADHOX, <https://adhox.it/scaricare-oggetti-bim/>, 2021.

[21] Ciribini A., Camillo L., *Riflessioni sulla collaborazione nella modellazione progettuale e informatica*, ingegno, <https://www.ingenio-web.it/5458-riflessioni-sulla-collaborazione-nella-modellazione-progettuale-e-informativa>, 2016.

[22] Studio legale Valaguzza, *BIM e Regolamento attuativo del Codice Contratti Pubblici: ancora incerte le modalità di applicazione alle gare*, Studio Legale Valaguzza, <https://www.studiovalaguzza.it/building-information-modeling-e-regolamento-attuativo-del-codice-dei-contratti-pubblici-ancora-incerte-le-modalita-di-applicazione-alle-gare-pubbliche/>, 2020.

[23] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Decreto ministeriale MIT n.560 del

- [23] Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, *Decreto ministeriale MIT n.560 del 1/12/2017*, Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, <https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/normativa/2018-01/Decreto%20Ministro%20MIT%20n.%20560%20del%201.12.2017.pdf>, 2017.
- [24] Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, *Decreto Ministeriale MiMs n.312 del 2/8/2021 - Modifiche al Decreto ministeriale MIT n.560*, Certifico, <https://www.certifico.com/costruzioni/376-legislazione-costruzioni/legislazioni-costruzioni-it/14204-decreto-ministeriale-02-08-2021-n-312>, 2021.
- [25] Bunszel A., *Una nuova era di collaborazione interdisciplinare*, Redshift, <https://redshift.autodesk.it/collaborazione-interdisciplinare/>, 2021.
- [26] Redazione Autodesk, *Lo standard IFC: quando e come utilizzarlo*, Blog Autodesk, <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/emea/docs/livre-blanc-ifc-it.pdf>, 2016.
- [27] Carradori M., *Sostenibilità Model-Based: l'analisi energetica con Revit*, Green Building Studio e Insight, Bis-Lab building innovation & Skills-Lab, <https://www.bis-lab.eu/2020/04/21/revit-green-building-studio-ed-insight/>, 2021.
- [28] Redazione Pedagogo, *BIM: definizione, metodologia, normative, certificazione e figure professionali*, Pedagogo, <https://www.pedago.it/blog/figure-professionali-bim.htm>, 2018.
- [29] Redazione BibLus-net, *BIM e Model Checking: cos'è e a che servono i processi di validazione dati*, BibLus-net, <https://biblus.acca.it/il-bim-e-lattivita-di-model-checking-il-clash-detection-e-il-cod-e-checking/>, 2016.
- [30] Redazione GoPillar Academy, *Che cosa è il software Navisworks e a cosa serve?*, GoPillar news, <https://www.gopillarnews.com/autodesk-navisworks-3d-a-cosa-serve/>, 2020.
- [31] Alleanza Italiana per lo Sviluppo sostenibile, *L'Italia e gli obiettivi di sviluppo sostenibile – Rapporto ASviS 2021*, Alleanza Italiana per lo Sviluppo sostenibile, <https://asvis.it/rapporto-asvis/>, 2021.
- [32] Baratta L., *Non solo Tav: in Italia ci sono 647 opere incompiute da oltre trent'anni*, Linkiesta, <https://www.linkiesta.it/2018/08/non-solo-tav-in-italia-ci-sono-647-opere-incompiute-da-oltre-trentanni/>, 2018.

- [33] Redazione Autodesk, *Vantaggi del BIM, quali sono i vantaggi del BIM?*, Autodesk, <https://www.autodesk.it/solutions/bim/benefits-of-bim>, 2022.
- [34] Redazione buildlab.com, *Autodesk Revit, programma parametrico per l'architettura*, buildlab, <http://buildlab.it/autodesk-revit-programma-parametrico-per-l-architettura-stampa.html?ar=178>, 2003.
- [35] Talucci L., *Oggetti AEC: le famiglie di componenti in Autodesk Revit*, Descor, <https://www.descor.com/news-eventi/oggetti-aec-le-famiglie-di-componenti-in-autodesk-revit>, 2021.
- [36] Commissione Europea, *Embodied energy*, Europa.eu, https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets-topics-tree/embodied-energy_en, 2022.
- [37] Redazione Carboncure, *What is Embodied Carbon?*, Carboncure, <https://www.carboncure.com/concrete-corner/what-is-embodied-carbon/>, 2020.
- [38] Thiebat F., Tomalini A., Giovanardi M., *L'approccio parametrico basato su LCA per l'eco-progettazione di involucri edilizi*, Atti del convegno della Rete LCA, in fase di pubblicazione.
- [39] "ETHZ_SC", BOMBYX, foo4Rhino, https://www.food4rhino.com/en/app/bombyx#downloads_list, 2021.
- [40] De Luca F., a cura di Saggio A., *Dottorato di ricerca: Modelli architettonici Dagli strumenti della progettazione alla progettazione degli strumenti. Il modello come strumento progettuale in ambito digitale informatico*, academia, https://www.academia.edu/9917292/Modelli_Architettonici_Dagli_Strumenti_della_Progettazione_alla_Progettazione_degli_Strumenti_Il_Modello_come_Strumento_Progettuale_in_Ambito_Digitale_Informatico, 2006.
- [41] Redazione Mode LAB, *Grasshopper primer 3th edition*, Grasshopper3d, <https://www.modelab.is/grasshopper-primer>, 2014.
- [42] Tedeschi A., *Architettura parametrica. Introduzione a Grasshopper: il plug-in per la modellazione generativa in Rhino*, Le Penseur, 2010.
- [43] Miller N., LUNCHBOX, foo4Rhino, <https://www.food4rhino.com/en/app/lunchbox>, 2022.

Bibliografia

- [44] Redazione Ladybug Tools, *What is Ladybug Tools?*, Ladybug Tools, <https://www.ladybug.tools/index.html#header-slide-show>, 2021.
- [45] "ekymroyrp", *PUFFERFISH*, food4Rhino, <https://www.food4rhino.com/en/app/pufferfish>, 2021.
- [46] Issa R., *PANELINGTOOLS*, food4rhino, <https://www.food4rhino.com/en/app/panelingtools-rhino-and-grasshopper>, 2021.
- [47] Redazione Dama, *Computational design, algoritmi generativi e modellazione parametrica*, DAMA – Digital Arts & Manufacturing Academy, <https://www.dama.academy/computational-design-algoritmi-generativi-e-progettazione-parametrica/>, 2021.
- [48] Redazione Formlabs, *L'abc del design generativo*, formlabs, <https://formlabs.com/it/blog/design-generativo/>, 2020.
- [49] Makki M., Showkatbakhsh M., Song Y., *Wallacei primer 2.0*, Wallacei, <https://drive.google.com/file/d/11LKI2agnyVWYyYwRFMsD1TDJXavlxBJ/view>, 2019.
- [50] Redazione VisualARQ, *Guida IFC per lo scambio di modelli tra Rhino e Revit*, VisualARQ, <https://www.visualarq.com/it/features/collaboration/ifc/revit/>, 2020.
- [51] Redazione Rhino3d, *Rhino.inside.Revit*, rhino3d, <https://www.rhino3d.com/it/features/rhino-inside-revit/>, 2021.
- [52] Redazione Rhino3d, *Revit: parameters*, rhino3d, <https://www.rhino3d.com/inside/revit/beta/guides/revit-params>, 2021.
- [53] Commissione Europea, *Population on 1 January by age groups and sex - cities and greater cities*, Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/cities/data/database>, 2021.
- [54] Commissione nazionale Italiana per l'UNESCO, *Centro storico di Roma, le proprietà extraterritoriali della santa sede nella città e San paolo fuori le mura*, UNESCO, <https://www.unesco.it/it/PatrimonioMondiale/Detail/330>, 2022.
- [55] RFI, *La rete oggi nel Lazio*, RFI.it, <https://web.archive.org/web/20160420125733/http://www.rfi.it/rfi/LINEE-STAZIONI-TERRITORIO/Nelle-regioni/Lazio/La-rete-oggi-in:-Lazio>, 2022.

- [56] Giunta provinciale, *Indirizzi ed istruzioni tecniche per il recepimento della Rete Ecologica Provinciale e per l'elaborazione delle Reti Ecologiche Locali*, Geoportale cartografico,
<https://geoportale.cittametropolitanaroma.it/index.php/ptpg/rete-ecologica-provinciale>, 2011.
- [57] Ufficio stampa Roma Capitale, *Municipio XI – Il territorio*, Roma Capitale,
<https://www.comune.roma.it/web/it/municipio-xi-il-territorio.page>, 2021.
- [58] Ufficio di statistica, *Popolazione iscritta in anagrafe – Municipi*, Roma Capitale,
<https://www.comune.roma.it/web/it/dettaglio.page?contentId=PAG22876>, 2021.
- [59] Fogagnolo S., *Principali siti monumentali del Municipio XI: dall'età romana al Medioevo*, Roma Capitale,
<https://www.comune.roma.it/web/it/dettaglio.page?contentId=PAG137832>, 2018.
- [60] Anappo A., *Marconi (zona urbanistica)*, Arvaliastoria – Archivio storico,
<http://www.arvaliastoria.it/public/post/marconi-zona-urbanistica-2.asp>, 2006.
- [61] Redazione Atac, *Carta della qualità dei servizi del trasporto pubblico e dei servizi complementari di Atac per l'anno 2021*, Atac,
<https://www.atac.roma.it/customer-experience/carta-dei-servizi>, 2021.
- [62] Ufficio di statistica, *Il verde pubblico di Roma Capitale*, Roma Capitale,
https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/Verde_pubblico_2017_rev_02_19.pdf, 2017.
- [63] Ufficio di statistica, *La popolazione di Roma. Struttura e dinamica demografica*, Roma Capitale,
https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/La_popolazione_a_Roma2019.pdf, 2019.
- [64] Redazione Ama, *Carta municipale XI municipio*, Roma Capitale,
https://www.comune.roma.it/web-resources/cms/documents/CdS_AMA_2019_2021_All._7_Carta_Municipale_Municipio_XI.pdf, 2021.
- [65] Dipartimento Programmazione e Attuazione Urbanistica, *PRG vigente – Sistemi e Regole*, Roma Capitale,
<http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg-2008-vigente-disegno-definitivo.html>, 2016.

Bibliografia

- [66] Dipartimento Programmazione e Attuazione Urbanistica, *PRG vigente – Rete ecologica*, Roma Capitale, <http://www.urbanistica.comune.roma.it/prg-2008-vigente-disegno-definitivo.html>, 2016.
- [67] Torelli Landini E., *Roma. Memorie della città industriale. Storia e riuso di fabbriche e servizi nei primi quartieri produttivi*, Palombi Editore, 2008.
- [68] Redazione Aroma, *Città del Gusto*, AromaWeb, <https://www.aromaweb.it/articoli/speciale/citta-del-gusto/>, 2011.
- [69] Grancio C., *Interrogazione alla Sindaca di Roma Virginia Raggi - PROT. RQ/1935 del 04/02/2021*, Roma Capitale - Estratto di assemblea capitolina, 2021.
- [70] Grilli F., *Il futuro dell'ex Città del Gusto: prove di dialogo tra Municipio e proprietà*, Roma Today, <https://www.romatoday.it/zone/arvalia/marconi/citta-del-gusto-marconi-municipio-punta-mantere-offerta-culturale.html>, 2015.
- [71] Redazione Rebuilditalia, *Moderni metodi di costruzione*, Rebuild, https://www.rebuilditalia.it/uploads/LayoutWEOggetti/REBUILD%202019_GUIDA%20AI%20MMC.pdf, 2019.
- [72] Jones C., Hammond G., *ICE (Inventory of Carbon & Energy)*, circular ecology, <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>, 2019.
- [73] Redazione Matrec, *Matrec*, Matrec, <https://www.matrec.com>, 2022.
- [74] Centro studi Confetra, *Effetto serra ed emission di CO2 nel trasporto merci*, Confederazione generale Italiana del traffico e dei trasporti, https://www.confetra.com/it/centrostudi/doc_pdf/quaderni_QUADERNO%20N.%20109.pdf, 1998.
- [75] Ministero dello sviluppo economico, dell'ambiente e della tutela del territorio, delle infrastrutture e dei trasporti, *Decreto dei Requisiti Minimi (26/5/15)*, Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05198/sg>, 2015.
- [76] Redazione Turismoroma, *MICS - Museo Josè Pantieri del Cinema e dello Spettacolo (DISMESSO)*, Turismoroma – sito comunale, <https://www.turismoroma.it/it/luoghi/mics-museo-josè-pantieri-del-cinema-e-dello-spettacolo-dismesso>, 2022.

Ringraziamenti

Un primo, sentito ringraziamento va ai professori che ci hanno seguito durante lo sviluppo di tutta la ricerca, sia nelle parti più tecniche che in quelle più pratiche; il vostro aiuto è stato fondamentale e non saremmo qui se non fosse per voi e quindi:

Grazie Massimiliano Lo Turco, Francesca Thiebat, Gustavo Ambrosini e Andrea Tomalini.

Entrambi ci teniamo a ringraziare profondamente le nostre famiglie e i nostri amici più cari per il supporto, l'aiuto e il sostegno che ci hanno dimostrato in questi anni, siete probabilmente troppi da ringraziare ma siamo sicuri che vi riconoscerete in queste righe.

Un ulteriore ringraziamento a chi ha fornito le importantissime informazioni all'interno delle interviste che hanno poi in seguito guidato lo sviluppo del progetto e quindi:

Grazie ad Alessandro Bistecca e all'assessore Luca Montuori.

Un ringraziamento speciale va a chi ha contribuito attivamente per lo sviluppo della tesi, a chi ha impiegato il proprio tempo per darci qualche consiglio, per fornirci qualche preziosa informazione, per districarci dai quesiti esistenziali provocati dai QR code, o per averci semplicemente aiutati a tenere dritto il metro durante i rilievi.

Grazie a Matteo Pica e Maurizio Davoli.

