



e-Share

mobility
spaces
ideas



POLITECNICO
MILANO 1863

POLO TERRITORIALE DI LECCO
Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni
Corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura
Anno accademico 2019-2020



Studio dell'impatto della mobilità elettrica sugli edifici,
ottimizzazione del surplus energetico e successiva
applicazione all'area dello scalo di Porta Romana.

RELATORE
Prof. Gabriele Masera
CO-RELATORE
Ing. Alessio Costantino Mirabella

ALUNNI
Andrea Arrigoni 861099
Matteo Consonni 830675
Niccolò Saccani 831219

RINGRAZIAMENTI

Giunti al termine del nostro percorso accademico vogliamo dedicare un paio di righe per ringraziare tutte le persone che in questi anni ci hanno sopportato e supportato permettendoci di arrivare fino a questo punto. In primo luogo volevamo ringraziare il nostro relatore Gabriele Masera per la grande disponibilità e la passione trasmessaci, inoltre ringraziamo i partecipanti al gruppo di ricerca Trespassing per le fondamentali informazioni forniteci e l'ingegnere Alessio Costantino Mirabella. Un ringraziamento particolare lo rivolgiamo ai nostri genitori senza i quali non avremmo potuto intraprendere questo cammino e che sono sempre stati pronti ad incoraggiarci e sostenerci anche durante le difficoltà. Volevamo inoltre ringraziare anche i nostri compagni di studio con i quali si è instaurata una vera e profonda amicizia che ci ha permesso di superare anche i momenti di sconforto.

Andrea, Matteo, Niccolò

ABSTRACT

La tematica energetica caratterizza, oramai da anni, gli aspetti economici e urbani delle città ed il loro sviluppo strategico. I due protagonisti principali sono: gli edifici e la mobilità. Il progetto Trespassing è una ricerca che ha lo scopo di valutare l'efficacia energetica di edifici del contesto attuale milanese. Le valutazioni si basano sull'eventualità di un surplus ed il suo possibile utilizzo nei riguardi della mobilità. Le analisi relative a questo tema sono state applicate al caso studio dello scalo di Porta Romana, che prevede la realizzazione di un villaggio olimpico per le Olimpiadi di Milano-Cortina 2026. La progettazione affianca al recupero dell'area degradata, la realizzazione di un "Idea Store" oltre che ai vari servizi per gli atleti dei Giochi. Le soluzioni tecnologiche previste forniscono diverse strategie volte al risparmio energetico ed a un elevato comfort interno. Il complesso delle scelte tecnologiche adottate, oltre ai risultati energetici ottenuti, ci guidano alla definizione di un modello urbano applicabile alla medesima scala per differenti soluzioni.

For years now, the energy issue characterizes economical and urban aspects of cities and their strategical growth. The main two leading actors are: buildings and mobility. Trespassing's project is a research that value energy efficiency of actual Milan city area as goal. The ratings are based on a possible energy surplus and its use about mobility. Analyses related to this aspect are applied to Porta Romana railway area, that will welcome 2026' Milano-Cortina Olympic village. The project considers renovation of the area and a new "Idea Store" building with services for athletes. Technological solutions provide us different strategies to energy saving and a high internal comfort. All the technological choices applied and energy results obtained, guide us to the definition of an urban model that we can apply to different solutions.

INDICE

1

INTRODUZIONE

1.1 Riduzione dei consumi energetici	17
Emissioni di CO ₂	18
Politiche climatiche	22
Sviluppo edilizia sostenibile	28
1.2 La mobilità elettrica	33
Tecnologie e infrastrutture	34
Impatto della mobilità elettrica	42

Note e Riferimenti

2

TRESPASSING

2.1 Analysis of different scenario	57
Shape optimization	58
Energy optimization	62
2.2 Analysis for battery sizing	75
Annual and daily analysis-Bar	76
Annual and daily analysis-Court	80
2.3 Final comparison	85
How to use energy surplus?	86
Implementation of electric mobility in bar building	88
Implementation of electric mobility in court building	90

Note e Riferimenti

3

MASTERPLAN

3.1 Introduzione	101
Analisi storica	102
Analisi demografica	108
3.2 Analisi Scalo Porta Romana	113
Inquadramento	114
Accordo di programma	116
Sviluppo ferroviario: circle line	118
Tema di tesi: mobilità elettrica	120
Rotaie verdi	122
Spazio delle relazioni e infrastrutture per la mobilità	124
Analisi SWOT	152
Criticità e potenzialità	158
Obiettivi, Strategie e Azioni	162
Vision	170
ConceptPlan	172
3.3 Casi Studio	177
Conoscenza dell'analisi	178
Conclusioni dell'analisi	194
3.4 Masterplan design	199
Scelta tipologia edilizia	200
Studio del verde	202
Piazza principale	206
Integrazione mobilità elettrica	212

Note e Riferimenti

4

IDEA STORE

4.1 Concept e Design	225
Localizzazione	226
Riferimenti	228
Concept	230
Distribuzione funzionale	234
Finiture interne	258
4.2 Tecnologia	263
Schematic design	264
Progettazione copertura	268
Pacchetti tecnologici	276
Rivestimento esterno	290
Analisi illuminotecnica	294
Schermature esterne	300
Analisi energetica	304
Progettazione impianti	312
Antincendio e accessibilità	320
4.3 Analisi strutturale	323
Analisi della struttura	324
Analisi dei carichi	326
Piastre in calcestruzzo	340
Dimensionamento copertura	368
Dimensionamento pilastri	374

Note e Riferimenti

5

CONCLUSIONI

ALLEGATI

Impatto della mobilità elettrica	396
Analisi degli scenari	400

Bibliografia	418
Sitografia	422

Note e Riferimenti

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

"Molti dicono di fare le cose in modo diverso, pochi di farle in modo migliore"

Elon Musk

CAPITOLO 1.1

RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI

EMISSIONI DI CO₂

La comprensione degli aspetti che riguardano i consumi energetici e le emissioni di CO₂ è fondamentale per una comprensione di tutti gli elementi del progetto, in particolare per quanto riguarda i parametri energetici considerati. In questo capitolo verrà presentata un'analisi dettagliata degli aspetti che riguardano il mondo delle costruzioni e quello dei trasporti, che risultano essere centrali nel consumo energetico e nelle emissioni di CO₂.

I gas serra comprendono una varietà di composti chimici, fra cui i principali risultano essere:

- anidride carbonica (CO₂): rilasciata dalla combustione di combustibili fossili
- metano (CH₄): rilasciato nella produzione di carbone e gas naturale
- ossido di diazoto (N₂O): emesso durante attività agricole e industriali
- gas fluorurati: elementi a base di fluoro emessi durante processi industriali.

La concentrazione relativa di gas serra

in atmosfera, in particolare la presenza dell'anidride carbonica (CO₂), permette la stabilizzazione della temperatura sul pianeta, consentendo lo sviluppo della vita¹. Nell'ultimo secolo, con l'avvento della rivoluzione industriale, l'aumento nei consumi di combustibili fossili ha portato ad un incremento della concentrazione dei gas serra, portando ad un aumento globale delle temperature.

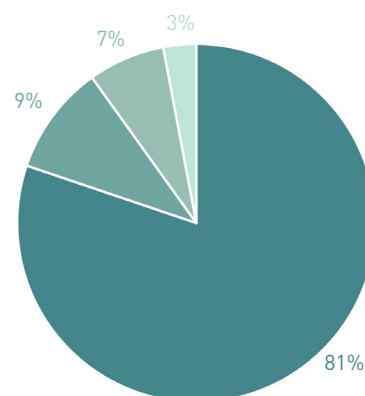


Grafico01: Emissioni di gas serra nel 2018

Per comprendere l'obiettivo della ricerca è importante capire come le emissioni di CO₂ sono aumentate negli anni, come sono distribuite, quali sono gli aspetti chiave su cui concentrarsi per mitigare il cambiamento climatico.

Secondo l'analisi dei dati raccolti dal Met Office Hadley Centre, nelle ultime decadi, la temperatura media globale presenta tendenze anomale a partire dal 1980. Infatti, considerando la temperatura media del periodo degli anni 1960-1990, negli ultimi anni la temperatura è aumentata di 0.7°C. Considerando i dati fino al 1850 si ottiene un ulteriore incremento di 0.4°C, ottenendo così un aumento di temperatura totale di 1.1°C². In dettaglio, calcolando le emissioni totali per paese dal 1750 al 2016, si osservano comportamenti diversi. A causa della rivoluzione industriale, la Gran Bretagna risulta essere il primo paese ad emettere CO₂, seguito da altri paesi europei e dal Nord America mentre le regioni asiatiche contribuiscono alle emissioni di CO₂ solamente dalla seconda metà del XX secolo. Analizzando nel dettaglio gli ultimi anni possiamo osservare un andamento stabile o addirittura in riduzione per nazioni molto

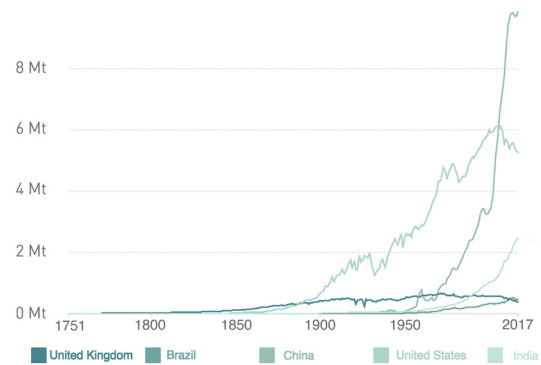


Gráfico02: Emissioni di CO₂ annuali, misurate in milioni di tonnellate

sviluppate, mentre un numero maggiore di nazioni in via di sviluppo, quali Cina o India, presentano un incremento delle emissioni³. Al giorno d'oggi si riscontra quindi una distribuzione bilanciata per quanto riguarda le emissioni dei paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo, si prevede invece uno scenario futuro in cui quest'ultimi rappresenteranno i maggiori produttori⁴.

Tuttavia, per un'adeguata analisi, è necessario confrontare non solo le emissioni totali, ma analizzare le emissioni di CO₂ per persona. L'andamento globale presenta un incremento di emissioni in linea con lo sviluppo del paese, questo dato mostra come esista ancora una forte disegualianza in termini di sviluppo.

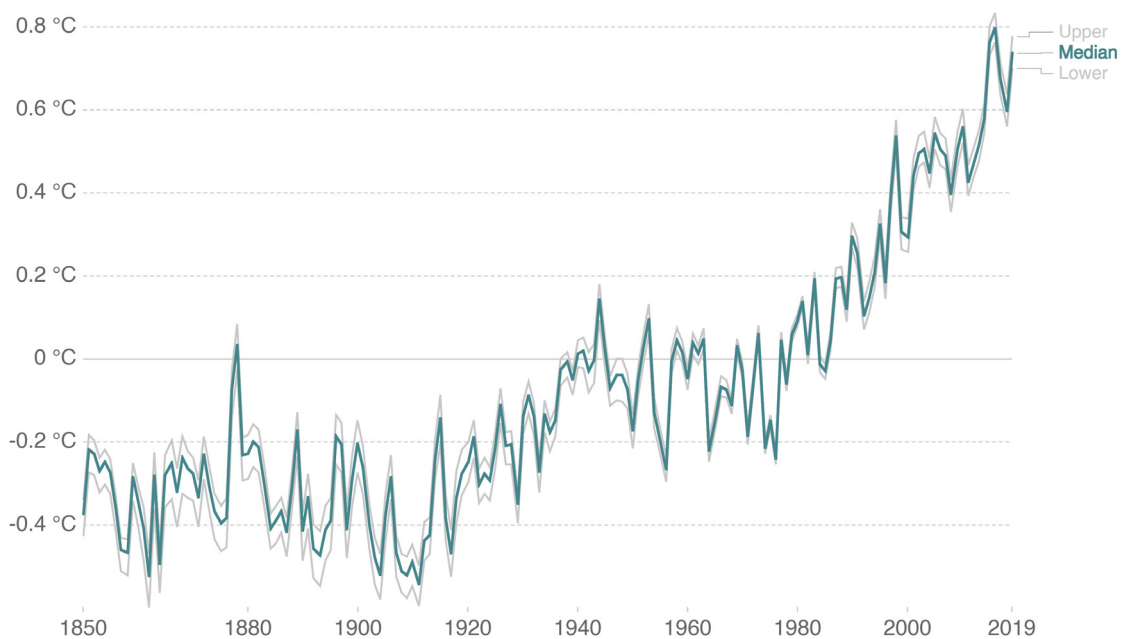


Gráfico03: Anomalia relativa della temperatura globale rispetto alla temperatura media del periodo 1960-1990

Le emissioni di CO₂ annua possono essere suddivise a seconda del settore, risulta predominante il settore dei trasporti dove l'emissione di CO₂ è dovuto alla combustione dei combustibili fossili. Seguono le emissioni dovute alla produzione di energia elettrica, la quale viene tutt'ora prodotta per il 63% dall'utilizzo di combustibili fossili, carbone o gas naturale; in questa porzione rientrano quindi i fabbisogni necessari al riscaldamento e raffrescamento delle abitazioni. Seguono le emissioni dovute alle attività industriali, commerciali e infine legate all'agricoltura⁵.

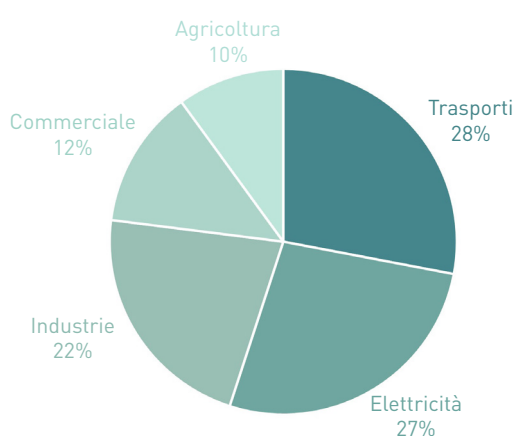


Grafico04: Emissioni di CO₂ nel 2018 suddivise per settore

RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂

L'incremento della concentrazione di CO₂ in atmosfera è il principale responsabile del riscaldamento globale e del cambiamento climatico, tema centrale di dibattito delle istituzioni Europee e internazionali. I cambiamenti attuali portano ad un incremento di svariati rischi, primo fra tutti l'aumento di eventi atmosferici di portata elevata. Le ultime due decadi comprendono 18 degli anni più caldi mai registrati⁶, mostrando un chiaro andamento che necessita azioni immediate e decisive.

L'impatto di questi cambiamenti porta ad un aumento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi. In Europa si sono registrate onde calde in 4 degli ultimi 5

anni. Le temperature al di sopra del circolo polare artico registrate durante l'estate 2018 erano superiori di 5°C rispetto alla media. La frequenza di siccità e alluvioni è aumentata andando a colpire negli ultimi anni anche l'Europa centrale. Lo scioglimento dei ghiacciai porterà ad un'innalzamento dei livelli dei mari e di conseguenza all'erosione delle zone costiere.

Il Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) rilasciato nel 2018 mostra come l'aumento di 1°C rispetto ai livelli preindustriali sia dovuto all'intervento dell'uomo. Prevede inoltre che un aumento di 2°C rispetto alla media preindustriale si possa raggiungere entro il 2060, portando a cambiamenti irreversibili del clima. Un cambiamento climatico di questa portata avrebbe ricadute negative sull'economia, sulle infrastrutture, sulla capacità di produrre cibo, sulla salute pubblica, sulla biodiversità e sulla stabilità politica. Portando inoltre ad un incremento dei disastri correlati ad eventi meteorologici che passerebbero dal 5% odierno al 70% nel 2100. Il 16% delle aree mediterranee potrebbero diventare aride per la fine del secolo⁷. Nella tabella01 vengono distinte le varie regioni climatiche d'Europa, riportando per ognuna gli effetti dei cambiamenti climatici.

Regione climatica	Effetti dovuti al cambiamento climatico
Regioni artiche	Diminuzione dei ghiacciai artici
	Diminuzione del permafrost
	Diminuzione della biodiversità
Regioni atlantiche	Aumento delle precipitazioni e delle portate dei fiumi
	Rischio di inondazioni
	Rischio di tempeste invernali
Regioni montuose	Aumento delle temperature e del rischio di valanghe
	Diminuzione in estensione e volume dei ghiacciai
	Estinzioni di specie animali e vegetali
Regioni boreali	Aumento delle precipitazioni
	Diminuzione della neve, ghiacciai e fiumi
	Diminuzione del fabbisogno per il riscaldamento
Regioni continentali	Aumento di caldo estremo
	Diminuzione delle precipitazioni estive
	Inondazione dei fiumi
	Aumento del rischio d'incendio
Regioni mediterranee	Aumento del fabbisogno per raffreddamento
	Aumento di caldo estremo
	Diminuzione delle precipitazioni
	Rischio di siccità
	Riduzione della biodiversità
	Aumento del fabbisogno d'acqua per l'agricoltura
Aumento del rischio d'incendio	
	Aumento del rischio di eventi climatici estremi

Tabella01: Effetti dovuti al cambiamento climatico nelle varie regioni climatiche europee

POLITICHE CLIMATICHE

Dalla fine del XX secolo si sono susseguiti una serie di regolamentazioni con l'obiettivo di valutare e mitigare il cambiamento climatico, durante gli anni queste sono state sviluppate e implementate. Di seguito vengono riportati gli eventi principali:

UNFCCC-1992

La convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), viene stipulata nel 1992 durante la conferenza di Rio de Janeiro. Il tema centrale era la stabilizzazione della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera ad un livello tale da prevenire effetti climatici dannosi⁸. Questo trattato non pone dei limiti alle emissioni delle singole nazioni, risultando quindi non vincolante. Esso però includeva la possibilità che le parti adottassero ulteriori protocolli che avrebbero posto dei limiti obbligatori.

I 197 stati membri che firmarono l'UNFCCC si riunirono nel 1995 in occasione dell'annuale Conferenza delle Parti (COP)

per valutare i progressi. Successivamente gli stati membri incominciarono a riunirsi ogni anno con l'obiettivo comune di stabilire nuovi accordi e valutarne l'efficacia.

COP3 - Protocollo di Kyoto 1997

Il protocollo di Kyoto è il primo trattato che impone degli obblighi con l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra nei 192 stati membri che lo firmarono nel 1997. Il protocollo, in accordo con l'UNFCCC, prevede due distinti periodi durante i quali gli stati membri dovranno ottenere determinati risultati.

- 1° periodo (2008-12): i paesi industrializzati si impegnano a ridurre le emissioni del 5% rispetto ai livelli registrati nel 1990
- 2° periodo (2013-2020): le parti che si impegnano a rispettare questo periodo dovranno ridurre di almeno il 18% le emissioni⁹.

Tuttavia, il protocollo è diventato legge

solamente nel 2005, in quell'anno le emissioni di gas serra erano aumentate notevolmente. Alcuni paesi, come l'Unione Europea, erano in linea con gli obiettivi del protocollo, mentre altri paesi come gli USA e la Cina incrementarono ulteriormente le emissioni di gas serra andando così di fatto a vanificare gli sforzi e i risultati ottenuti col protocollo di Kyoto.

COP16 - Cancùn - 2010

La 16° Conferenza delle Parti si svolse a Cancùn nel 2010, durante le riunioni si fissarono dei nuovi punti:

- viene riconosciuto per la prima volta in una decisione formale delle Nazioni Unite che il riscaldamento globale deve essere mantenuto inferiore ai 2°C rispetto alle temperature medie del periodo pre-industriale
- si concorda su regole più rigide per il monitoraggio, la segnalazione e la verifica delle emissioni¹⁰.

COP21 - Accordo di Parigi 2015

L'accordo di Parigi è il culmine di anni di sforzi della comunità internazionale per realizzare un accordo universale e multilaterale sul cambiamento climatico. Durante il COP di Parigi, tenutosi nel dicembre 2015, 195 paesi adottarono il primo accordo universale e legalmente vincolante. L'accordo prevede un piano d'azione per scongiurare il cambiamento climatico andando a porre i seguenti obiettivi:

- mantenere a lungo termine l'aumento di temperatura media globale inferiore a 2°C rispetto all'era pre-industriale
- limitare l'aumento a 1.5°C per ridurre il rischio e gli effetti del riscaldamento
- annullare le emissioni di gas serra entro il 2050, considerando un lasso di tempo maggiore per i paesi in via di sviluppo.

POLITICHE CLIMATICHE EUROPEE

La principale priorità dell'Unione Europea è prevenire pericolosi cambiamenti climatici. I vari stati si impegnano per ridurre le emissioni di CO2 e promuovere una transizione ad un'economia a ridotte emissioni di carbonio, incoraggiando altre nazioni ad adottare misure simili. Lo sviluppo di politiche climatiche risale al 1990, con l'introduzione di misure comuni per la riduzione dei gas serra, l'utilizzo di energie rinnovabili ed efficienti.

Obiettivi 2020-2030

Gli obiettivi stabiliti nel 2014, sono stati presentati dalla Commissione Europea durante gli Accordi di Parigi nel 2015.

Gli obiettivi per il 2020 prevedono:

- riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990
- raggiungere il 20% di consumi energetici coperti da energie rinnovabili
- incremento del 20% dell'efficienza energetica, ovvero taglio dell'energia necessaria per le medesime operazioni

Gli obiettivi per il 2030 prevedono:

- riduzione di almeno 40% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990
- raggiungere il 27% di consumi energetici coperti da energie rinnovabili
- incremento del 27% dell'efficienza energetica¹¹.

Direttiva Europea 2018/884

Questa direttiva raccoglie gli obiettivi precedentemente trattati e modifica le direttive in merito alle performance energetiche degli edifici e sull'efficientamento energetico. Gli scopi principali della direttiva riguardano:

- l'integrazione e l'aumento dell'efficienza delle strategie di recupero degli edifici con l'obiettivo di decarbonizzare il settore e

ottenere una modesta percentuale di edifici a consumo zero entro il 2050

- incoraggiare l'introduzione di nuove tecnologie innovative per raggiungere l'efficienza, il comfort e la flessibilità nell'ambiente delle costruzioni
- promuovere nuove tipologie di trasporto¹².

Strategia a lungo termine per il 2050

Il 28 Novembre 2018 la Commissione Europea ha presentato la sua visione strategica a lungo termine. Le scelte sono in linea con gli obiettivi presenti nell'Accordo di Parigi, primo fra tutti l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra dell'80-95% prima del 2050¹³ e trasformare l'Europa in un'economia ad alta efficienza energetica e a bassa emissione di carbonio. Questo miglioramento porterà ad una maggiore competitività dell'Europa in ambito economico¹⁴.

Le direttive europee riguardano i settori che hanno un maggiore impatto sulle emissioni di CO₂, primo fra tutti il campo dei trasporti e il settore delle costruzioni.

IMPATTO DELLE POLITICHE UE SUL SETTORE EDILIZIO

Una grande percentuale di emissioni di gas serra è dovuto al settore edilizio, secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE), gli edifici consumano il 32% dell'energia globale finale. Inoltre, i consumi salgono al 50% se si considerano anche i processi di costruzione dei materiali utilizzati. Il panorama europeo rispecchia quello mondiale come distribuzione dei consumi, dove secondo la Commissione Europea, il settore delle costruzioni è responsabile del 40% dei consumi energetici e del 36% delle emissioni totali di CO₂ ¹⁵. È fondamentale considerare non solo le fasi di costruzioni ma anche il ciclo di vita complessivo, analizzando tutte le fasi: la progettazione, la realizzazione, l'utilizzo, il mantenimento e la dismissione. Ognuna di queste fasi ha il suo impatto ambientale,

risulta quindi fondamentale capire le scelte corrette da attuare ad ogni fase del processo di costruzione. Scelte ottimali nelle fasi iniziali possono diminuire sostanzialmente l'impatto delle fasi successive, caratterizzate da un impatto ambientale maggiore¹⁶.

Direttiva sulla prestazione energetica 2010

La direttiva stabilisce una serie di obiettivi che devono essere conseguiti dagli stati membri dell'Unione Europea, i principali sono:

- dal 1° gennaio 2018 tutti i nuovi edifici occupati da autorità pubbliche dovranno essere a consumo zero (nZEB)
- dal 1° gennaio 2021 tutti i nuovi edifici dovranno essere a consumo zero (nZEB)¹⁷

La direttiva promuove il miglioramento, da

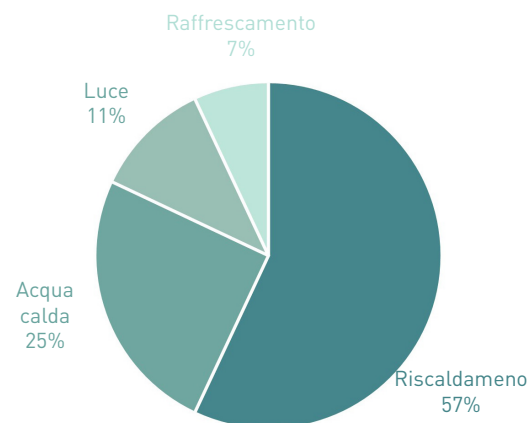


Grafico05: Emissioni di CO₂ degli edifici in Europa

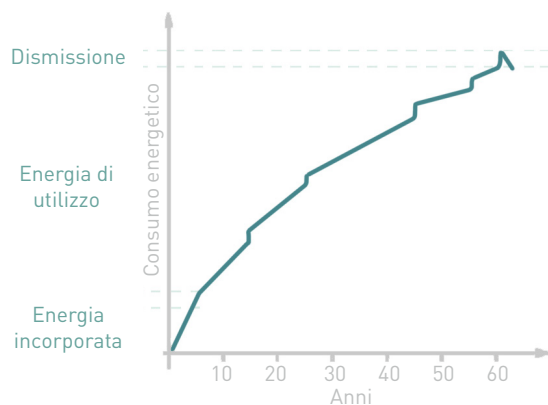


Grafico06: Consumo energetico di un'edificio nel suo ciclo di vita

un punto di vista energetico, del costruito all'interno dell'Unione Europea, introducendo dei nuovi obiettivi di efficienza energetica a livello nazionale.

Direttiva Europea 2018/884

Successivamente sono state apportate modifiche alla Direttiva sulle prestazioni energetiche, che sono state introdotte con la Direttiva Europea 2018/884. La direttiva prevede una serie di azioni per accelerare il passaggio alla produzione di energia pulita e incentiva il recupero di edifici esistenti.

Considera, infatti, il grande impatto che gli edifici hanno sui consumi energetici e la presenza, nell'Unione Europea, di edifici di più di 50 anni (35% del totale) individuando quindi nel recupero di edifici esistenti una priorità per la riduzione dei consumi¹⁸.

La direttiva stabilisce:

- che i paesi dell'Unione Europea stabiliscano strategie di recupero a lungo termine, con l'obiettivo di decarbonizzare il patrimonio costruito entro il 2050
- la creazione di uno schema europeo comune per la valutazione degli edifici
- la promozione di tecnologie che consentano il controllo automatico dell'edificio e la regolazione della temperatura a livello di stanze
- il supporto alla mobilità elettrica con l'introduzione di un requisito minimo per posti auto con apposita ricarica
- che gli stati membri dovranno rendere trasversali e comparabili i requisiti energetici nazionali¹⁹.

IMPATTO DELLE POLITICHE UE SUL SETTORE DEI TRASPORTI

Il settore dei trasporti produce quasi un quarto delle emissioni totali di gas serra ed è la causa principale dell'inquinamento nei grandi centri abitati. Mentre negli altri settori si è assistito ad una facile applicazione di un'economia a bassa produzione di carbonio,

il settore dei trasporti ha visto ridurre le emissioni solamente dal 2007, rimanendo comunque su alti valori rispetto al 1990. I mezzi su gomma sono i principali generatori di gas serra, rappresentano infatti da soli il 70% delle emissioni derivanti dai trasporti.

Strategie Europee per la mobilità a basse emissioni

Per il 2050, secondo gli obiettivi dell'Unione Europea, le emissioni dovute ai trasporti devono diminuire di almeno il 60% rispetto al 1990. Per raggiungere questo obiettivo si seguono le seguenti strategie:

- aumentare l'efficienza dei trasporti, applicando nuove tecnologie e mezzi
- promuovere l'introduzione di sistemi di mobilità alternative a basso impatto ambientale, come motori elettrici o a idrogeno²⁰

Le città e le autorità locali svolgeranno un ruolo chiave nel promuovere queste strategie, incentivando la mobilità elettrica, favorendo la mobilità lenta, l'utilizzo dei trasporti pubblici e il car-sharing; aiutando così nella riduzione delle emissioni, della congestione del traffico e dell'inquinamento.

RISVOLTI FUTURI DELLE POLITECHE UE

La Comunità Europea ha sviluppato uno "scenario base" per definire la traiettoria base da seguire per la decarbonizzazione dell'Europa, attraverso gli accordi politici e i nuovi obiettivi a lungo termine. Lo scopo dello scenario è quello di presentare lo sviluppo futuro che si otterrebbe se tutti gli stati aderissero agli accordi e raggiungessero gli obiettivi.

Lo scenario prevede la comparazione e lo studio negli anni dell'andamento dell'energia primaria consumata rispetto ai livelli del 2005. Si può notare una riduzione totale dei consumi del 26% entro il 2030, in linea con

gli obiettivi previsti ed una riduzione del 35% entro il 2050. Secondo lo scenario studiato, entro il 2070 non sono previste ulteriori riduzioni a causa del bilanciamento degli effetti di crescita economica sul bilancio energetico²¹.

Fornitura energetica

Secondo le previsioni dell'Unione Europea, la produzione di combustibili fossili diminuirà dell'88% entro il 2050 mentre l'energia prodotta da fonti rinnovabili raddoppierà. La richiesta di energia elettrica aumenterà, a causa dell'elettrificazione dei sistemi di climatizzazione, l'aumento delle tecnologie informatiche e dall'incremento della mobilità elettrica. Secondo lo scenario il consumo finale di energia diminuirà del 26% entro il 2050 grazie alla riduzione dei consumi. Il settore più significativo in termini di energia richiesta è quello residenziale, grazie alla transizione dall'utilizzo di energie fossili a energie rinnovabili.

Emissioni di CO₂

Le previsioni presentano una riduzione delle emissioni di CO₂ fino al 2050, con un passaggio dalle attuali 4000MtCO₂ alle 1600MtCO₂, registrando una riduzione del 65% rispetto al 1990. Questo cambiamento è dovuto all'aumento dell'efficienza energetica in tutti i settori e all'ampio utilizzo di risorse rinnovabili. Tuttavia, il settore dei trasporti rimane la principale causa di produzione di CO₂, nonostante gli interventi delle politiche di riduzione delle emissioni. La creazione di una società a basso impatto ambientale è una grande opportunità e allo stesso tempo una grande sfida. Le tecnologie sono già presenti, la vera difficoltà rimane l'applicazione su larga scala. Gli studi mostrano che un cambiamento è possibile²², risultando una scelta economicamente vantaggiosa rispetto al costo necessario a combattere il cambiamento climatico.

SVILUPPO EDILIZIO SOSTENIBILE

Diminuire il consumo energetico in un edificio nella sua vita utile è un'operazione molto complicata che richiede un approccio multidisciplinare. Da un punto di vista ambientale la soluzione migliore risulta un edificio con consumi energetici nulli, poichè con la produzione di energia derivano elementi inquinanti. Questo significa che non dobbiamo considerare solamente la quantità di energia che serve a mantenere attivo e confortevole l'edificio ma dobbiamo considerare l'energia incorporata nell'edificio stesso al momento della costruzione e quella necessaria per la sua demolizione.

IL CICLO DI VITA DI UN EDIFICIO

L'energia incorporata in un edificio è definita come l'energia richiesta durante l'intera produzione, includendo quindi l'estrazione dei materiali grezzi, il trasporto, l'assemblaggio, l'installazione e le risorse umane utilizzate. Questa impostazione permette di determinare l'effettiva efficienza

di un edificio e la quantità di energia che è in grado di risparmiare. Solitamente l'energia incorporata viene quantificata in massa di CO₂ equivalente, per esempio un pannello fotovoltaico produce energia senza emissioni di CO₂ ma il suo processo costruttivo comporta un'emissione di CO₂ considerevole che può essere ammortizzata in 2 o 4 anni ²³(a seconda della zona geografica). Questo significa che un pannello fotovoltaico produce corrente a emissioni zero solamente dopo un certo periodo.

Un secondo aspetto riguarda il concetto di energia primaria, intesa come energia allo stato naturale e non ancora processata dall'intervento dell'uomo. Risulta importante, considerando gli edifici, capire il peso dell'energia usata per riscaldare, raffrescare o illuminare, poichè essa può variare di molto a seconda della tipologie di trasformazioni che sono avvenute. Per esempio una singola unità di energia utilizzata può presentare un coefficiente di 1.05, nel caso del metano, o di 2.80, se consideriamo l'energia elettrica²⁴.

Questa differenza è causata dal processo di produzione, trasporto, trasformazione e dalle relative perdite.

Nello studio dei consumi energetici degli edifici è importante capire come, edifici performanti, necessitano meno energia rispetto ad edifici tradizionali, grazie all'utilizzo di sistemi di riscaldamento che lavorano a temperature inferiori. Questo significa che i moderni sistemi di riscaldamento non necessitano di temperature superiori ai 75°C. Inoltre, utilizzando pompe di calore, si raggiungono valori di efficienza maggiori che consentono un notevole risparmio di energia rispetto a sistemi tradizionali a combustione²⁵.

SVILUPPO DELLE CERTIFICAZIONI ENERGETICHE

Negli ultimi anni si è lavorato con l'obiettivo di stabilire una serie di standard per valutare le prestazioni energetiche degli edifici. L'approccio generale rimanda alla Trias energetica, introdotta nel 1979 da Kees Duijvestein dell'università di Delft con l'obiettivo di stabilire una gerarchia delle azioni necessarie a rendere sostenibile un edificio²⁶. Essa afferma che la prima azione possibile è la riduzione dei consumi energetici, sfruttando il più possibile l'esposizione solare, la ventilazione naturale e i guadagni solari, queste azioni permettono di ottenere grandi risultati senza dispendio di energia. L'energia richiesta deve poi essere ottenuta, dove possibile, tramite fonti di energia rinnovabili. Infine, la rimanente parte può essere coperta con combustibili fossili, utilizzati nella loro forma più efficiente. Queste azioni permettono di ridurre l'energia consumata dall'edificio, lavorando a diversi fasi progettuali.

Certificazione LEED

Sviluppata dal 1993 dal U.S.Green Building Council, con l'obiettivo di creare un sistema di standard per comprendere tutti gli aspetti del progetto: dalla progettazione fino alla

dismissione dell'edificio. Questa certificazione può essere applicata a molteplici settori e consente di valutare l'energia consumata e incorporata.

La costruzione di un edificio ad alte prestazioni energetiche prevede un aumento dei costi pari al 2%²⁷, portando invece dei vantaggi a lungo termine con la riduzione dei consumi e l'aumento della produttività delle attività svolte al suo interno.

Il limite di questo sistema risulta essere la coerenza fra la certificazione LEED e le effettive performance dell'edificio.

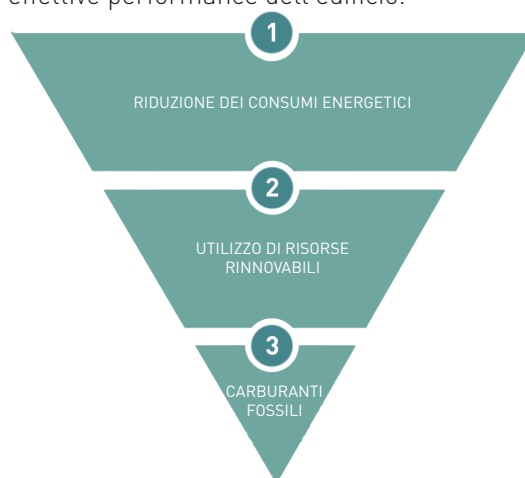


Figura01: Trias energetica

Active House

Questa certificazione propone una visione di edificio caratterizzata da un ambiente confortevole e sano per i residenti senza un impatto negativo sul clima e l'ambiente. La valutazione prevede un approccio integrato in cui vengono valutati separatamente: il comfort, l'ambiente e l'energia.

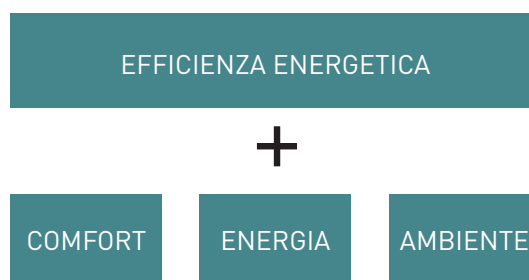


Figura02: Parametri considerati dalla certificazione active house

Più in dettaglio si considera:

- comfort:

luce naturale
qualità dell'aria
ambiente termico

- energia:

prestazioni in energia primaria
fornitura di energia

-ambiente:

carichi ambientali
consumo d'acqua
costruzione sostenibile²⁸

Questa certificazione non prevede dei parametri stringenti ma considera le prestazioni dell'edificio nel suo complesso.

Passive House

Come nelle certificazioni precedenti, ci sono una serie di criteri da rispettare. Il consumo per il riscaldamento degli spazi interni non deve eccedere i **15 kWh/m²a**, il consumo di energia primaria ottenibile tramite fonti rinnovabili deve essere inferiore a 60 kWh/m²a, i carichi di riscaldamento e raffrescamento devono essere inferiori a 10W/m² e la tenuta all'aria deve essere inferiore a 0.6vol/h. Questi limiti permettono un risparmio del 90% rispetto ad un edificio tradizionale e del 75% rispetto ad un edificio di medie prestazioni²⁹. Rispetto alla certificazione Active House, ritroviamo dei limiti più stringenti per quanto riguarda le prestazioni energetiche, perdendo però una corretta valutazione del comfort.

La certificazione si basa su **5 principi**:

1. isolamento termico: l'involucro deve essere adeguatamente isolato per garantire adeguati risparmi in termini di riscaldamento e raffrescamento
2. finestre: utilizzo di doppi o tripli vetri e serramenti con taglio termico per evitare le dispersioni termiche
3. ponti termici: non devono essere presenti

poichè porterebbero ad un aumento delle dispersioni

4. tenuta all'aria: la tenuta deve essere assoluta e deve essere verificata tramite un Blower door test

5. impianto di ventilazione: una casa passiva prevede una ventilazione meccanica controllata che permette tramite un recuperatore di calore di ottenere un ricambio d'aria riducendo al minimo le dispersioni di calore³⁰.

Certificazione nZEB

Le prestazioni energetiche di un edificio sono determinate considerando l'energia primaria necessaria in un anno di riscaldamento, raffrescamento e consumo dei vari sistemi. Considerando un edificio nZEB (nearly zero energy building) le risorse rinnovabili sono considerate come energie negative, sottratte alla richiesta energetica della rete. Per la certificazione è necessario che l'energia totale presa dalla rete sia la medesima dell'energia, ottenuta tramite fonti rinnovabili, ceduta alla rete stessa.

La definizione di nZEB risulta ambigua e non esiste ancora uno standard per la sua valutazione. Attualmente i singoli stati possono stabilire i parametri, che variano

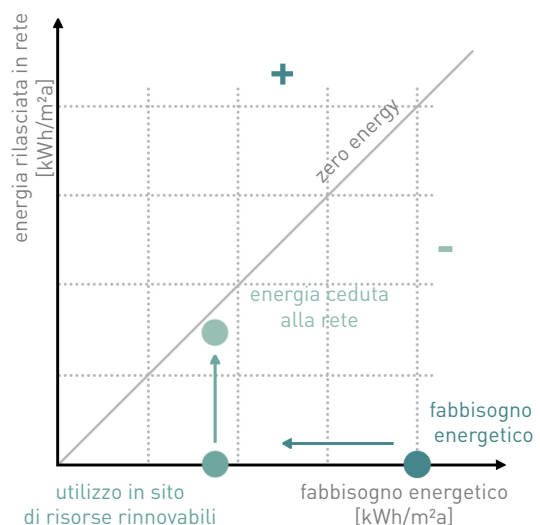


Grafico07: Rappresentazione del concetto di nZEB

a seconda delle aree geografiche e altre variabili tecniche³¹.

La problematica principale è la differenza nella produzione di energia e del consumo. Infatti, l'energia ottenuta tramite fonti rinnovabili risulta essere limitata nel tempo, discontinua e necessita di una conversione.

Per risolvere il problema si utilizzano delle batterie per lo stoccaggio dell'energia elettrica e il rilascio, in un momento successivo, all'utente stesso. Questo sistema permette quindi la creazione di un sistema maggiormente efficiente.

I passaggi necessari per la costruzione di un nZEB sono:

1. analisi climatica e identificazione delle risorse disponibili in sito
2. ottimizzazione delle strategie energetiche passive, considerando la forma, l'orientamento e l'esposizione solare
3. utilizzo di sistemi attivi per l'uso di risorse naturali in sito
4. utilizzo di fonti di energia rinnovabile prodotta in sito
5. utilizzo di fonti di energia rinnovabile prodotta non in sito

CAPITOLO 1.2

LA MOBILITÀ ELETTRICA

TECNOLOGIE ED INFRASTRUTTURE

Come descritto nel capitolo precedente, l'Europa e di conseguenza l'Italia stanno sviluppando una serie di manovre con l'obiettivo di incentivare lo sviluppo della mobilità elettrica. In questo capitolo verranno analizzate le caratteristiche della mobilità elettrica e suoi impatti in un futuro prossimo. La FIA (Federazione Internazionale dell'Automobilismo) definisce la mobilità elettrica come: "quei veicoli che sfruttano l'elettricità come fonte principale di energia, con la possibilità di ricaricare le batterie connettendosi alla rete"³². In maniera analoga, Il progetto Erneuerbar Mobil sviluppato dal ministero dei trasporti in Germania definisce la mobilità elettrica come "quella mobilità che comprende tutti i veicoli stradali che sono spinti da un motore elettrico, la cui energia è fornita dalla rete"³³. In entrambe le definizioni si può notare come il concetto di mobilità elettrica vada oltre quello di veicolo elettrico, andando a comprendere anche le infrastrutture necessarie alla ricarica delle auto. Per un'analisi completa

procederemo quindi ad una prima analisi dettagliata dei veicoli elettrici, passando poi alle infrastrutture, al mercato delle auto elettriche e infine all'impatto che porterà la diffusione di questa tecnologia.

TECNOLOGIE DEI VEICOLI ELETTRICI

I veicoli elettrici più comuni, diffusi ed utilizzati tutti i giorni risultano essere i mezzi di trasporto pubblici, come filobus, tram, metropolitane che però prevedono la presenza di un'infrastruttura importante e diffusa nel territorio. Questo sistema risulta utilizzabile nello sviluppo della mobilità pubblica, dove la presenza di grandi volumi di passeggeri permette di compensare le spese ingenti legate alle infrastrutture.

Negli ultimi anni si stanno sviluppando, entrando nel mercato automobilistico italiano, automobili elettriche dove l'energia viene immagazzinata all'interno di una batteria, rendendo queste automobili indipendenti dalle

infrastrutture e comparabili alle automobili a combustione interna. Il problema principale risulta essere il lungo tempo di ricarica necessario alle auto elettriche, confrontato al rifornimento istantaneo garantito da un veicolo tradizionale. Da un punto di vista energetico invece, la ricarica delle auto elettriche potrebbe portare alla mitigazione delle fluttuazioni di corrente prodotta da fonti rinnovabili.

Lo sviluppo di questa tecnologia si è affiancata alla creazione di veicoli ibridi che prevedono la presenza di entrambe le soluzioni tecnologiche, in maniera tale da garantire entrambi i vantaggi. Da un punto di vista tecnologico questa soluzione porta ad un aumento dei consumi, in entrambi le modalità di utilizzo, dovuto al peso elevato a causa della compresenza delle batterie e del motore termico.

Veicoli a trazione elettrica (EV)

I veicoli a trazione elettrica sono quei veicoli in cui l'energia chimica contenuta nelle batterie viene convertita tramite un motore elettrico in energia meccanica, vengono così classificati i *Battery Electric Vehicle* (BEV). Un'altra tipologia di veicoli sono i *Fuel Cell Hydrogen Electric Vehicle* (FCEV) nei quali il rifornimento di energia elettrica avviene grazie ad un dispositivo che converte l'idrogeno contenuto in un serbatoio in energia elettrica.

Queste tecnologie presentano un'elevato livello di rendimento, infatti, in condizioni ottimali, i motori a combustione interna hanno un'efficienza del 40% mentre i motori elettrici raggiungono l'80%.

I veicoli elettrici presentano i seguenti vantaggi:

- zero emissioni allo scarico
- recupero parziale dell'energia
- possibilità di ricarica mediante fonti rinnovabili, avendo quindi un impatto ambientale nullo
- possibilità di ricarica autonoma
- affidabilità delle componenti, se confrontato

con i motori a combustione

Veicoli a trazione ibrida (HEV)

In questa categoria rientrano quei veicoli in cui il motore elettrico consente di utilizzare il motore termico in modo più efficiente e la presenza di accumulatori e di motori elettrici consente il recupero dell'energia in frenata e il suo successivo utilizzo in trazione. Inoltre, la trazione ibrida permette di guidare per brevi distanze con il motore termico spento. A loro volta possono essere distinte le seguenti tipologie di veicoli ibridi:

- micro hybrid: le funzioni svolte dalla componente elettrica comprendono solamente la presenza dello start and stop e il recupero dell'energia in frenata
- mild hybrid: comprendono l'erogazione di potenza nella trazione
- full hybrid: il recupero di energia in frenata è completo e si aggiunge la possibilità di partenza da fermo e della trazione in sola modalità elettrica.
- plug-in HEV (PHEV): consentono la ricarica delle batterie dall'esterno
- extended range EV (EREV): sono caratterizzate da un'architettura che consente la generazione di corrente a bordo, consentendo l'aumento dell'autonomia.

Batterie

La batteria risulta l'elemento centrale delle auto elettriche non solo poichè accumula e fornisce l'energia necessaria ma anche perchè risulta un elemento chiave nell'analisi dell'impatto ambientale, in particolar modo considerando il ciclo di vita di una vettura elettrica.

Le principali tipologie utilizzate nelle vetture HEV e EV sono³⁴:

- piombo-acido: questa tipologia risulta essere la più semplice ed economica da produrre, risultano però pesanti e non molto potenti, inoltre hanno un ciclo di vita limitato

- nichel-idruri metallici: queste batterie utilizzano l'idrossido di nichel come elettrodo positivo, una soluzione alcalina come elettrolita e differenti metalli (Ti, V, Ni, Zi, Cd,...) come elettrodo negativo. Attualmente sono lo standard per le auto ibride, presentano una grande densità di energia, sono riciclabili e lavorano in un ampio intervallo di temperatura.

L'impatto ambientale e le caratteristiche possono variare a seconda dei metalli utilizzati
 - a ioni di litio: sono le batterie utilizzate comunemente negli apparecchi elettronici, sono dotate di una grande densità di energia. Nonostante il costo elevato rappresentano la migliore scelta nella produzione di auto elettriche, inoltre i grandi investimenti in questa tecnologia degli ultimi anni stanno portando ad una riduzione del prezzo

- cella a combustibile: questa tecnologia genera corrente dalla reazione dell'idrogeno e l'ossidazione dell'ossigeno, il prodotto di reazione che si genera è vapore acqueo. I vantaggi risultano molteplici, primo fra tutti le emissioni nulle di gas serra, l'alta efficienza e il ridotto inquinamento acustico. Le problematiche sono legate all'alto costo di produzione delle batterie e la necessità di avere un grande serbatoio di idrogeno³⁵.

In conclusione, le tecnologie attualmente utilizzabili e promettenti per i veicolo risultano essere le batterie al litio, ed in aggiunta le NiMH. Le batterie al piombo rimangono una tecnologia economica ma ormai superata, che può essere applicata solamente in veicoli a basse prestazioni.

Ricarica e autonomia

L'aspetto che maggiormente caratterizza le auto elettriche è la modalità di ricarica, che si distingue dal semplice rifornimento necessario alle automobili tradizionali. La ricarica delle auto elettriche può avvenire attraverso colonnine distribuite sul territorio anche se attualmente tale soluzione risulta insufficiente dato il numero ridotto

di infrastrutture presenti. Attualmente in Italia troviamo solamente 11837 colonnine, concentrate nelle città più importanti, di cui la maggior parte offrono la ricarica a 22kW mentre solo una piccola parte offrono la ricarica a potenze superiori (50kW) o superfast (350kW). In alternativa, le auto elettriche possono essere ricaricate in un ambiente domestico, dove però sono richiesti maggiori tempi di ricarica.

I tempi di ricarica variano a seconda dei parametri della batteria e della potenza con cui vengono caricate, in generale una ricarica completa richiede dalle 4 alle 8 ore.

L'autonomia risulta l'aspetto su cui i produttori di auto stanno concentrando i loro sforzi, per rendere le EV più competitive nei confronti delle auto tradizionali.

Utilizzo	Ricarica	Potenza [kW]	Autonomia [km]
Domestico	AC	7	30-50/h
Domestico	CC	22	100-150/h
Parcheggio	AC	7	30-50/h
Parcheggio	DC	25-50	120-300/h
Colonnina	DC	50-150	120-400/30min
Colonnina	superfast DC	350	300-400/10min

Tabella02: Tipologie di ricariche

INFRASTRUTTURE

Lo sviluppo delle infrastrutture è un elemento cardine per la diffusione delle auto elettriche³⁶. Rispetto alle auto tradizionali, per un efficiente utilizzo delle auto elettriche è necessario prevedere una serie di infrastrutture che consentano la riduzione di emissioni di CO₂ in tutto il processo di ricarica, queste includono punti di ricarica, produzione di energia tramite fonti rinnovabili e la connessione edificio-veicolo. Di seguito vengono riportati dei casi studio che prevedono possibili scenari di ricarica.

Colonnine di ricarica

Questa tipologia prevede la ricarica del veicolo ogni volta che non viene utilizzato, mentre è parcheggiato o in sosta in prossimità dell'abitazione. Questa tipologia è la più tradizionale ed economica, poichè non richiede infrastrutture diffuse ma solamente la creazione di punti di ricarica. Il costo delle infrastrutture dipende dalla potenza di ricarica delle colonnine³⁷, ovviamente una potenza maggiore comporta un costo elevato. Nella tabella02 vengono riportate le autonomie ottenibili con diverse modalità di ricarica.

Elementi di ricarica puntuali

In questa tipologia il veicolo viene caricato in specifici punti e per un periodo di tempo limitato. Questa tipologia può essere applicato nei trasporti pubblici, dove i percorsi sono fissi e ripetuti. Nella figura02 viene riportato un esempio di ricarica puntuale³⁸, che permette ricariche intermedie veloci ad alta potenza (50-450kW) che consentono di ottenere un'autonomia dei mezzi 24/24 senza la necessità di soste. La tipologia di ricarica può avvenire tramite elementi fisici o in modalità wireless. Questa modalità, per quanto limitata ai punti di sosta dei mezzi pubblici, risulta economica data la ridotta dimensione delle infrastrutture necessarie.

Ricarica continua

In questa tipologia il veicolo viene caricato in maniera continua prendendo energia dalla rete, come accade per tram e treni. La libertà del veicolo è limitata dalla diffusione dell'infrastruttura. Questo limite può essere superato utilizzando mezzi che consentono il collegamento alla rete quando è necessario. Una seconda opzione è la creazione di corsi di ricarica wireless, questa tecnologia, per quanto futuristica, risulta critica dato l'alto costo di installazione e manutenzione.



Figura03 : Ricarica puntuale di autobus elettrici

ANDAMENTO DEL MERCATO

Il mercato delle auto elettriche è relativamente nuovo e ancora incerto. Le tecnologie per un passaggio fra i mezzi di trasporto tradizionali e quello elettrico sono molte, ma non si è ancora delineato quale di queste alternative sia la migliore e possa diventare uno standard nel futuro.

La prima metà del 2020 è stata oscurata dalla recessione legata al COVID-19 causando un calo senza precedenti nelle vendite dei veicoli. Il mercato elettrico ha visto una perdita del 14% per il primo trimestre, rispetto al 28% per il mercato delle auto in generale.

Dati promettenti provengono dall'Europa con una crescita del 57% per il primo semestre, nonostante la crisi legata alla pandemia, questo è dovuto grazie agli incentivi europei e la presenza di 30 modelli diversi fra BEV e PHEV introdotti nel mercato nella seconda metà del 2019. Nonostante l'ottimismo di questi dati, il mercato dell'auto è comunque dominato dai veicoli tradizionali con solamente il 3% composto da veicoli elettrici. Considerando questo parametro gli stati del nord Europa sono caratterizzati da una diffusione delle auto elettriche nel mercato, raggiungendo, nel primo trimestre del 2020, il 68% delle auto vendute in Norvegia, il 49% in Islanda e il 26% in Svezia. Considerando le grandi economie la diffusione si attesta fra il 5 e il 9%, dimostrando come il mercato non sia ancora aperto a questa tecnologia³⁹.

Tendenza europea

Supportata da generosi incentivi e da una migliore offerta di veicoli elettrici, l'Europa è diventata il chiaro vincitore del primo semestre 2020. Le vendite di vetture elettriche sono aumentate del 57% rispetto all'anno precedente, raggiungendo il 6.7% di quota di veicoli leggeri rispetto al 2.9% dell'anno precedente. I maggiori contributi di questa crescita sono dovuti alla crescita dei volumi di vendita in Germania, Francia e Regno Unito. Per la prima volta dal 2015 sono stati venduti più EV in Europa che in Cina, in quest'ultimo paese infatti si è avuto un calo del 42% sulle vendite delle auto elettriche, principalmente a causa dell'epidemia e della conseguente crisi economica, si registra infatti un riduzione del 20% del mercato totale.

Anche gli Stati Uniti hanno registrato un forte calo dovuto allo spegnimento di 7 settimane della produzione di Tesla, tuttavia si prevede una ripresa nel secondo semestre grazie al lancio sul mercato della nuova Ford Mach-E e le consegne ad alto volume della Tesla Model-Y.

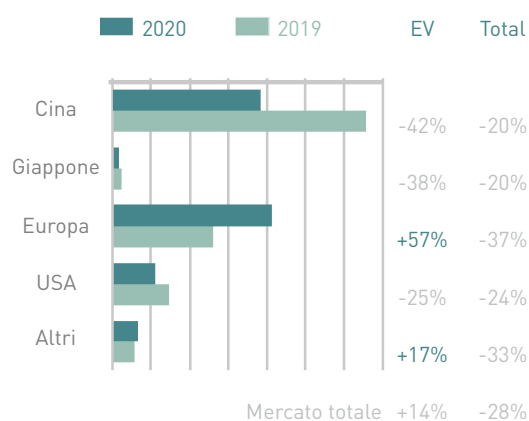


Grafico08: Analisi delle vendite (x1000) di auto elettriche e ibride

Modelli principali

Nella tabella03 sono riportati i 10 modelli più venduti nel primo semestre del 2020, il vantaggio della Tesla Model-3 rispetto al secondo modello più venduto è di 100000 unità, considerando invece il totale dei veicoli elettrici venduti nel mondo 1 su 7 è stato una Model-3. L'introduzione di Tesla nel mercato cinese ha consentito un incremento notevole del volume di auto prodotto e venduto.

Modello	Tipologia	Vendite 2019 [x1000]	Vendite 2020 [x1000]	Potenza [kW]	Batteria [kWh]	Autonomia [km]	Ricarica [kW]	Costo [k€]
Tesla Model 3	BEV	130	142	258-340	50-75	350-500	22-120	36-87.5
Renault ZOE	BEV	26	38	66-80	22-41	210-400	43	27
Nissan Leaf	BEV	36	24	110	40	243-27	6.6-50	31.2
VW e-Golf	BEV	17	21	100	24.2-35.8	300	7.2-40	39.25
BYD Qin Pro EV500/600	BEV	13	21	120	56.4	300	7-50	-
Hyundai Kona	BEV	23	19	100-150	39.2-64	305-484	7-50	38.4
Mitsubishi Outlander	EV	28	19	150	12	-	-	45
GAC Trumpchi Aion S	PHEV	5	18	132	58.8	510	-	20
Audi e-tron Quattro	BEV	14	18	264	95	400	150	83.9
VW Passat GTE	PHEV	15	16	115-160	13	62	-	52

Tabella03: Specifiche tecniche delle 10 auto elettriche più vendute nel 2020

Col forte calo registrato in Cina molti modelli sono usciti dalla top10, rimangono solamente la BYD Qin Pro e la GAC Aion S, entrambe berline elettriche ad ampio raggio.

La Renault Zoe è stata riprogettata per il 2020 e ha registrato un aumento del 48% rispetto al suo predecessore. In negativo invece la Nissan Leaf che vede una diminuzione delle vendite rispetto all'anno precedente.

La Volkswagen è presente con due modelli: la e-Golf che ha registrato un aumento delle vendite e la ibrida VW Passat che mantiene questo volume grazie alla presenza sul mercato cinese. In futuro, la Volkswagen prevede un aumento delle vendite grazie all'introduzione di nuovi modelli completamente elettrici, primo fra tutti la ID3.

Mercato italiano e scenari futuri

Il mercato italiano delle auto nei primi mesi del 2020 ha subito un calo del 34%, nonostante ciò nella porzione di auto elettriche si è rilevato una crescita del 155%, che va rafforzare un andamento positivo registrato negli ultimi anni. Nonostante questo dato positivo l'Italia si attesta solamente al 10° posto, fra le nazioni europee, per numero di auto elettriche immatricolate pesando solamente per il 3% sul totale del mercato europeo.

In conclusione, fatta eccezione per le biciclette e i motocicli, i numeri italiani risultano limitati in valore assoluto. L'incremento del numero complessivo di veicoli elettrici immatricolati non rispecchia i valori ottenuti da altri paesi

europei, mostrando quindi una penetrazione minima dell'elettrico nel mercato italiano.

L'evoluzione del mercato dei veicoli elettrici in Italia prevede tre scenari:

- scenario base: prevede 3.5 milioni di veicoli circolanti entro il 2030, seguendo l'andamento avuto negli ultimi anni

- sviluppo moderato: prevede 5.5 milioni di veicoli circolanti entro il 2030 e una quota di mercato pari al 55%; questa prospettiva risulta in linea con quanto previsto dai maggiori produttori di auto

- sviluppo accelerato: prevede un rapido aumento della quota di mercato, con il raggiungimento del 32% entro il 2025. Si prevede, inoltre, di raggiungere il 65% entro il 2030 con 7 milioni di veicoli circolanti. Questo ultimo scenario necessita di meccanismi di supporto che modifichino le abitudini d'acquisto e favoriscano lo sviluppo delle infrastrutture di ricarica⁴⁰.

PODS

Nello sviluppo del masterplan è stata considerata l'applicazione di shuttle elettrici autonomi, con l'intento di eliminare la presenza di automobili all'interno dell'area dello scalo di Porta Romana e garantire una mobilità più sostenibile.

Per le analisi che seguono è stato scelto il seguente pods: Olli2.0. Questa tecnologia è stata sviluppata dalla Local Motors e prevede l'impiego di un livello di autonomia pari a 4, che grazie a sensori a 360° consente al veicolo di



Figura04: Tesla model 3, leader del mercato elettrico

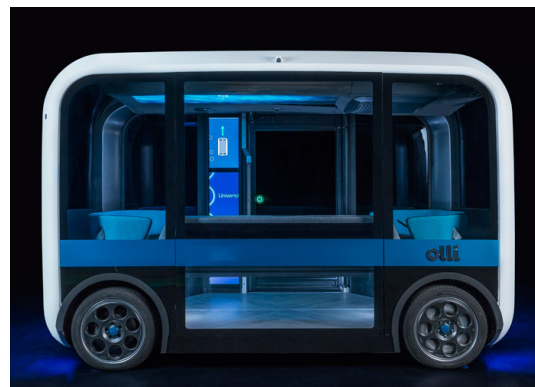


Figura05: Olli2.0, shuttle autonomo ed elettrico

muoversi liberamente in ambienti controllati senza l'intervento umano. Questo dispositivo raggiunge una velocità di crociera di 40km/h, garantendo un'autonomia di 160km. Si presenta così come una valida alternativa per colmare la distanza dell'"ultimo miglio", definita come la distanza dalla prima fermata dei mezzi pubblici principali alla propria destinazione.

Inoltre, il processo di produzione del veicolo è stato ottimizzato optando per una tecnologia a stampa 3D per l'80% delle sue componenti, garantendo in questa maniera la riduzione dei materiali usati e di conseguenza l'abbattimento delle emissioni di CO₂.

Gli interni sono caratterizzati da un ampio volume disponibile, date le dimensioni ridotte di batteria e motore, possono inoltre essere customizzati in maniera specifica a seconda delle esigenze richieste.

Un sistema di controllo avanzato consente l'acquisizione di dati per un miglior controllo dei veicoli nelle loro fasi (ricarica, manutenzione, spostamenti reali e controllo dei passeggeri). È presente inoltre un software che permette la creazione del percorso migliore per ogni prenotazione e garantisce l'ottimizzazione dei tracciati a seconda del volume di passeggeri. Il sistema prevede l'integrazione nei sistemi di trasporto esistenti, siano essi trasporti pubblici, car sharing e bike sharing⁴¹.

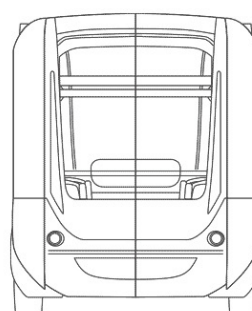
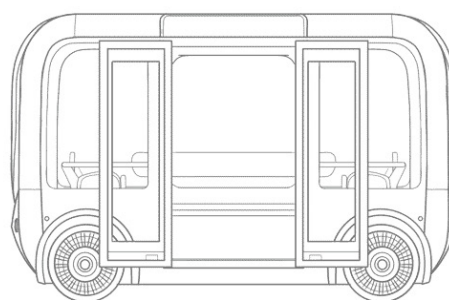
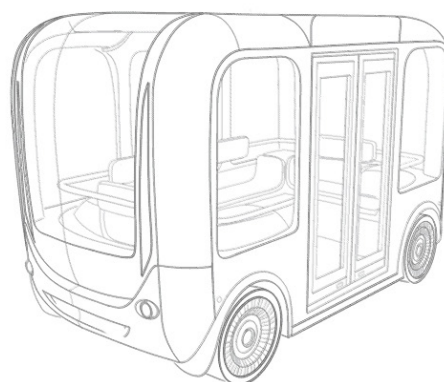


Figura06: schema Olli2.0, shuttle autonomo ed elettrico

Autonomia	60 km 40 km (carico massimo)
Velocità massima	40 km/h
Tempo di ricarica	1.5 h
Peso	2654 kg
Capacità	612 kg
Lunghezza	3920 mm
Larghezza	2050 mm
Altezza	2500 mm
Interasse	2526 mm

Tabella04: Caratteristiche tecniche Olli2.0

IMPATTO DELLA MOBILITÀ ELETTRICA

TRESPASSING

Il progetto Trespassing prevede lo studio e la ricerca dell'impatto della mobilità elettrica sui sistemi edilizi. Il progetto è sviluppato dal dipartimento ABC in collaborazione con diversi dipartimenti del Politecnico di Milano, dall'urbanistica all'ingegneria energetica. Questo mostra quanto il tema trattato sia multidisciplinare, complesso e necessiti di approfondimenti sotto diversi punti di vista. Di seguito vengono trattate tre diverse scale considerate nell'analisi del progetto.

Edificio

Le analisi del capitolo seguente si concentrano su questa scala, considerando delle tipologie edilizie e analizzandone gli aspetti energetici. In questo modo è possibile ottenere delle linee guide che verranno poi utilizzate nella fase di progettazione del masterplan dello scalo di Porta Romana. In

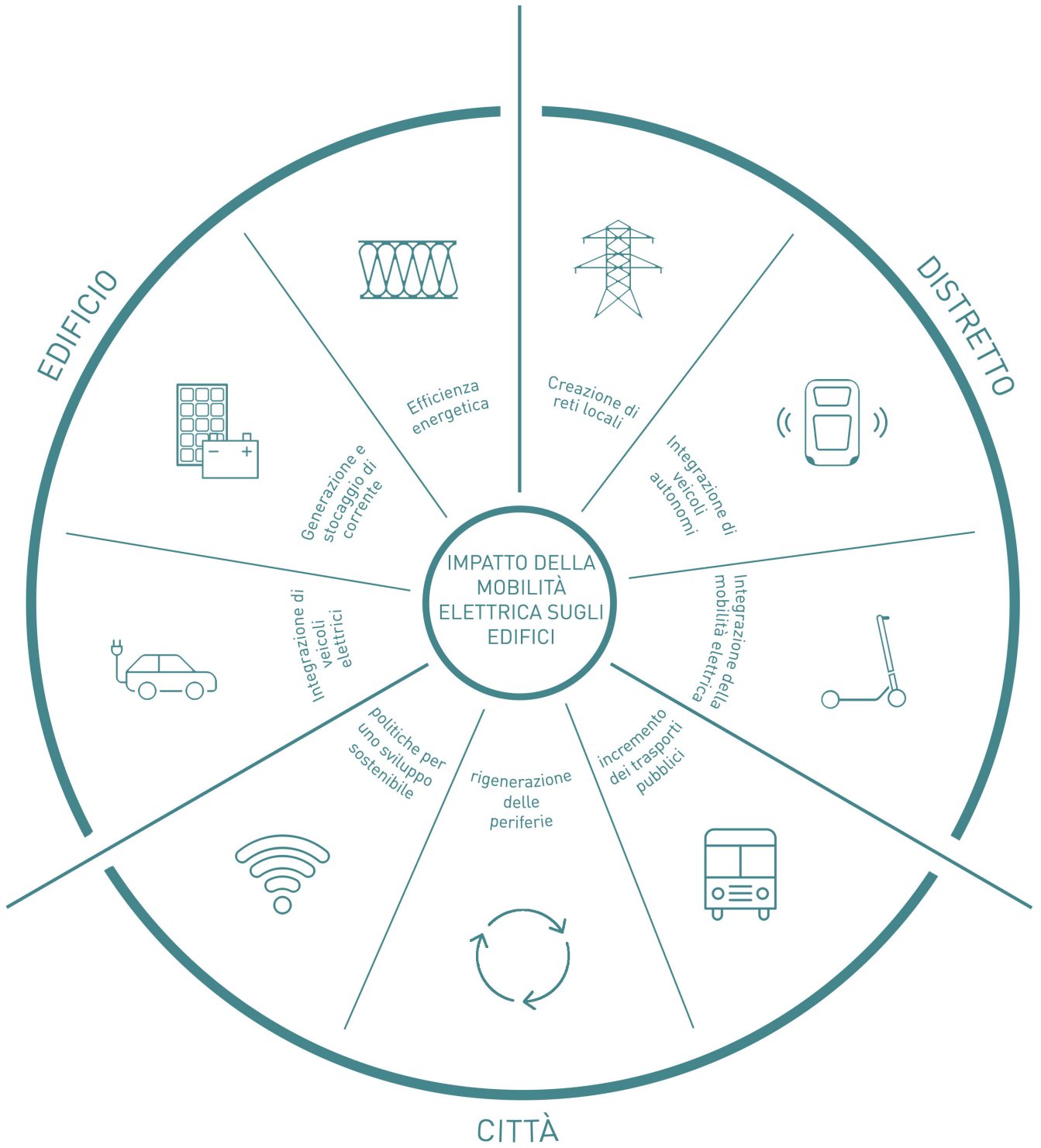
questa parte i temi principali sono:

- incremento dell'efficienza energetica, tramite l'utilizzo di tecnologie avanzate e l'ottimizzazione di forma e orientamento
- utilizzo di pannelli fotovoltaici per generare corrente e implementazione di batterie per lo stoccaggio dell'energia
- integrazione di punti di ricarica in sito per promuovere l'utilizzo della mobilità elettrica e minimizzare il sovraccarico della rete elettrica.

Queste considerazioni sono state applicate nello sviluppo del masterplan, per progettare un quartiere caratterizzato da un'alta efficienza energetica nel consumo delle risorse e avente un impatto minore sulla rete.

Distretto

A questa scala vengono riprese le considerazioni precedenti, estendendole ad



Estratto01: Schema d'impatto della mobilità elettrica

un piccolo quartiere, dove il nodo centrale è la creazione di una rete locale che consenta l'interazione energetica fra i vari edifici.

Anche a questa scala viene previsto lo sviluppo di sistemi di mobilità elettrica ed autonoma (PODS), insieme ad un sistema di mobilità condivisa costituita da monopattini e e-bike. Si ottiene così un'aggregazione delle richieste energetiche fra i vari soggetti consumatori e produttori (nel caso di surplus energetico degli edifici) del masterplan.

Città

La scala cittadina è analizzata da un punto di vista urbanistico, dove i temi principali risultano essere:

- incremento dell'efficienza dei trasporti pubblici per ridurre i consumi energetici e aumentare il volume di passeggeri trasportato
- rigenerazione delle periferie, solitamente caratterizzate da edifici datati e non efficienti da un punto di vista energetico
- creazione di politiche ambientali per favorire lo sviluppo e la diffusione di nuove tecnologie (mobilità elettrica, edifici ad alta efficienza energetica,...).

Lo studio dello scalo di Porta Romana prevede l'analisi dei primi due aspetti, in maniera tale da ottenere un caso studio in cui un quartiere residenziale viene integrato ad un edificio multifunzionale per creare uno "smart district".

IMPATTO AMBIENTALE

L'analisi dell'impatto ambientale della mobilità elettrica risulta complesso, siccome, dato il ridotto numero di vetture prodotte, non ci sono sufficienti dati per ottenere informazioni rilevanti. Inoltre, la presenza di diverse tecnologie e modelli non consente una generalizzazione sull'impatto della mobilità elettrica. Studi effettuati in Europa su un'ampia gamma di veicoli elettrici

dimostrano come le vetture elettriche possano ridurre l'impatto ambientale. Inoltre, si sono rivelate particolarmente efficienti le vetture piccole.

D'altro canto, ricerche sul ciclo di vita delle batterie⁴², mostrano come il principale problema nel garantire la sostenibilità delle macchine sia la produzione del carbonato di litio (Li₂CO₃). Questo composto, presente per il 4% in peso nelle batterie, presenta un impatto ambientale elevato a causa della difficoltà nel processo di estrazione. Infatti, l'estrazione e i successivi trattamenti richiedono l'utilizzo di ingenti quantità di acqua con il rischio di eventuali contaminazioni.

Si deve considerare anche le emissioni di CO₂ emesse durante il ciclo di produzione delle batterie e il loro successivo smaltimento, infatti esse risultano elementi complessi da riciclare e trattare a causa dei materiali dannosi per l'ambiente presenti al loro interno.

In conclusione, la mobilità elettrica risulta migliore dei normali mezzi a combustione interna, in particolare considerando le emissioni di CO₂, l'inquinamento acustico e le dispersioni energetiche. Inoltre, questo campo presenta ancora un potenziale di sviluppo da un punto di vista tecnologico che consentirà, in pochi anni, la risoluzione dei problemi e la riduzione dell'impatto ambientale.

MOBILITÀ CONDIVISA E IMPATTO URBANO

Il Forum dei Trasporti Internazionali, un'organizzazione intergovernamentale fra 57 paesi, ha condotto uno studio⁴³ per quantificare l'impatto della sostituzione di tutti i mezzi di trasporto (bus e auto) con una flotta di veicoli condivisi. I risultati presentano la scomparsa del traffico cittadino, la riduzione di un terzo delle emissioni di CO₂ e la riduzione del 95% dei posti auto necessari. L'utilizzo di macchine elettriche non è direttamente collegato a questo studio, tuttavia, nelle città si è osservata la tendenza

di promuovere l'utilizzo di macchine elettriche per questo tipo di servizi. Le motivazioni sono i ridotti consumi di queste tecnologie, la facilità di ricarica e la possibilità di realizzare città ecologiche, in cui l'assenza di macchine a combustione interna porti ad una riduzione significativa dell'inquinamento acustico e atmosferico nelle città.

IMPATTO SOCIALE

La diffusione delle auto elettriche porta ad una serie di cambiamenti in termini di costi, abitudini, sviluppo delle città e da un punto di vista sociale. La diffusione del car sharing necessita infatti di un cambiamento radicale nella modalità di spostamento delle persone, andando ad inserirsi a metà fra un trasporto pubblico e un trasporto privato. Questa modalità è attualmente presente solamente nelle grandi città, dove il bacino di utenti è maggiore, mentre una diffusione capillare di questo sistema non si è ancora realizzata.

Una seconda tipologia di impatto sociale riguarda i paesi dove avviene l'estrazione dei materiali necessari alla realizzazione delle batterie (primo fra tutti il carbonato di litio). L'inserimento di nuovi interessi economici può portare ad un aumento della ricchezza di questi paesi ma allo stesso tempo potrebbe essere accompagnato da eventi drammatici, in uno scenario del tutto simile a quanto successo nei paesi arabi con l'aumento dei consumi di petrolio⁴⁴.

NOTE

1. Ritchie, H., and M. Roser. "CO2 and other Greenhouse Gas Emissions," Accessed December 24, 2018. www.ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions [ce]
2. www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/index.html
3. www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/17/data.html
4. www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/17/data.html
5. www.iea.org/statistics/co2emissions/
6. European Commission, "A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy", (2018)
7. European Commission, "A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy", (2018)
8. United Nations, "The United Nations Framework Convention on Climate Change", n.2, (2016)
9. www.ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/progress_en
10. King, D., "Copenhagen and Cancun", International climate change negotiations: Key lessons and next steps, Oxford University, (2011)
11. www.ec.europa.eu/clima/policies/strategies_en
12. Amato, A., E. Costanzo, B. Di Pietra, and F. Hugony, "La Direttiva Europea 2018/844 che modifica l'EPBD", ENEA, (2018)
13. European Commission, "A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a

- prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, (2018)
14. www.ec.europa.eu/clima/citizens/eu_en
 15. www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/change-of-co2-eq-emissions-2#tab-chart_2
 16. <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/>
 17. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, “On the energy performance of buildings”, Official Journal of the European Union”, L153/13 (2010)
 18. www.ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings
 19. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, “On the energy performance of buildings”, Official Journal of the European Union”, L156/75 (2018)
 20. Amato, A., E. Costanzo, B. Di Pietra, and F. Hugony, “La Direttiva Europea 2018/844 che modifica l’EPBD”, ENEA, (2018)
 21. www.ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf
 22. www.ec.europa.eu/clima/citizens/benefits_en
 23. Nawaz, I., and G. N. Tiwari. “Embodied Energy Analysis of Photovoltaic (PV) System Based on Macroand Micro-Level.” Energy Policy 34, no. 17 (2006)
 24. www.energinorge.no/contentassets/935d2fa12aab41adb7b4793d49aa43bd/conversion-factors-for-electricity.pdf
 25. Meggers, F., V. Ritter, P. Goffin, M. Baetschmann, and H. Leibundgut. “Low Exergy Building Systems Implementation.” Energy, 23rd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2010, 41, no. 1 (May 1, 2012)
 26. Korbee H., B.t Smolders and F. Stofberg “Milieu voorop bij uitwerking van een globaal bestemmingsplan”, TU Delft, afd. Bouwkunde, in: BOUW, no. 22 (27 October 1979)
 27. Mapp C., M. E. C. Nobe, and B. Dunbar. “The Cost of LEED: An Analysis of the Construction Costs of LEED and Non-LEED Banks”. JOSRE, vol. 3, no. 1, 2011
 28. www.activehouse.info/about/about-active-house/guidelines/
 29. passivehouse.com/01_passivehouseinstitute/01_passivehouseinstitute.htm
 30. https://www.passivehouse-international.org/upload/PH_brochure_IT.pdf
 31. ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings
 32. FIA European Bureau, “Towards the e-mobility: the challenges to be faced”.www.aci.it/fileadmin/immagini/Notizie/Mobilita/FIA_E-mobility.pdf
 33. National Development Plan for Electric Mobility, “What is electric mobility? What types of vehicles does it include?”, accessed January 04, 2019. www.erneuerbar-mobil.de/en/node/970
 34. Nair N.K.C., and N. Garimella. “Battery energy storage systems: Assessment for small-scale

- renewable energy integration”, Elsevier, no. 42 (2010).
35. Khaligh A., and L. Zhihao. “Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art” IEEE transactions on vehicular technology, no.6 (2010)
 36. ElBanhawy E.Y., R. Dalton, E.M. Thompson, and R. Kotter. “A heuristic approach for investigating the integration of electric mobility charging infrastructure in metropolitan areas: An agent-based modeling simulation”, 2012 2nd International Symposium On Environment Friendly Energies And Applications, UK (June 25-27, 2012)
 37. Iskra, “Three types of EV charging stations” <https://www.iskra.eu/en/Blog/Three-types-of-ev-charging-stations/>
 38. www.new.abb.com/abb-ability/it/trasporti/veicoli-elettrici/ricarica-di-bus-elettrici
 39. “Volumi globali BEV e PHEV per il 2020 H1” consultato il 02/01/21 www.ev-volumes.com
 40. <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/immatricolazioni-auto-elettriche-crescita/#:~:text=delle%2070.000%20unit%C3%A0.,Il%20mercato%20italiano%20della%20mobilit%C3%A0%20elettrica%3A%20vicini%20alla%20%E2%80%9Csvolta%E2%80%9D,42%25%20rispetto%20al%202018>
 41. www.localmotors.com/meet-olli/
 42. Stamp A., D.J. Lang, and P.A. Wager. “Environmental impacts of a transition toward e-mobility: the present and future role of lithium carbonate production”, Cleaner Production, no. 23 (2012)
 43. International Transport Forum, Shared mobility. Innovation for livable city. OECD, 2016
 44. Eniscuola, “Is lithium the new petroleum?”, accessed 18 February, 2019. www.eniscuola.net/en/2018/06/01/lithium-new-petroleum/

RIFERIMENTI

Grafico01: Emissioni di gas serra nel 2018

Grafico02: Emissioni di CO₂ annuali, misurate in milioni di tonnellate

Grafico03: Anomalia relativa della temperatura globale rispetto alla temperatura media del periodo 1960-1990

Grafico04: Emissioni di CO₂ nel 2018 suddivise per settore

Grafico05: Emissioni di CO₂ degli edifici in Europa

Grafico06: Consumo energetico di un'edificio nel suo ciclo di vita

Grafico07: Rappresentazione del concetto di nZEB

Grafico08: Analisi delle vendite (x1000) di auto elettriche e ibride

Tabella01: Effetti dovuti al cambiamento climatico nelle varie regioni climatiche europee

Tabella02: Tipologie di ricariche

Tabella03: Specifiche tecniche delle 10 auto elettriche più vendute nel 2020

Tabella04: Caratteristiche tecniche Olli2.0

Figura01: Trias energetica

Figura02: Parametri considerati dalla certificazione active house

Figura03: Ricarica puntuale di autobus elettrici

Figura04: Tesla model3, leader del mercato europeo

Figura05: Olli2.0, shuttle autonomo e elettrico

Figura06: Schema Olli2.0, shuttle autonomo ed elettrico

Estratto01: Schema dell'impatto della mobilità elettrica - Tavola01

CAPITOLO 2

TRESPASSING

"La scienza di oggi è la tecnologia di domani"

Edward Teller

CAPITOLO 2.1

ANALYSIS OF DIFFERENT SCENARIO

SHAPE OPTIMIZATION

CHOICE OF BUILDING TYPOLOGY

According to all normative references and deadlines about worldwide energy problems, we decided to perform some analysis to determine which strategy is better follow.

Before start the analysis, we made a short research about the number of construction in Italy, analyzing which typology should be considered for our study in order to make the most accurate scanning. This information was derived from the data provided by the last census made by ISTAT¹. In 2011 in Italy the situation is:

- 11 226 595 residential buldings;
- 27 291 993 apartments;
- an average of square meters of 96 m².

Analyzing in detail the typology of the buldings, we divided in three categories buldings selected before, searching which kind of design every building is; we divided into bricklaying, reinforced concrete and

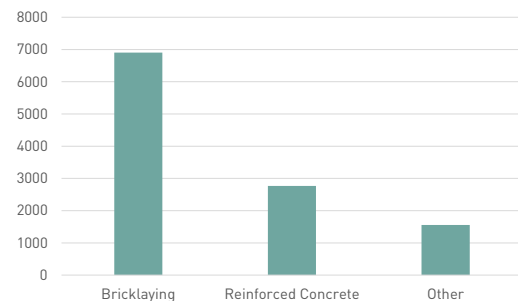


Grafico01: Number of buildings by type of construction (thousand)

other in order to have a general overview.

As result of the preliminary research we find out the most common building types of the suburban area of Milan, in particular in the surrounding area near Porta Romana. As results of the analysis we find out the following building typologies:

- Court;
- Tower;
- Bar;
- "Y";
- "C".

The simulation were performed according to the U values data provided by the "TABULA webtool - Typology Approach for Building Stock Energy Assessment"², made by Politecnico di Torino.

CHOICE OF TECHNOLOGIES

Second step was to analyse 3 different periods of the last year, after the WWII, a significant event for the Italian reconstruction. We chose to provide PV panels to the analysis 2016 in order to achieve the goal of the thesis analysis: create and manage energy surplus. It's important to specify that in these simulations, the HVAC system has not been change, in order to consider comparable data. The vultues choose for the simulations are the following:

1946- 1960

$U_{opaque} = 1.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{window} = 4.90 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{roof} = 1.10 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{earth \text{ ret}} = 1.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

1976- 1990

$U_{opaque} = 0.76 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{window} = 3.70 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{roof} = 0.75 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{earth \text{ ret}} = 0.76 \text{ W/m}^2\text{K}$

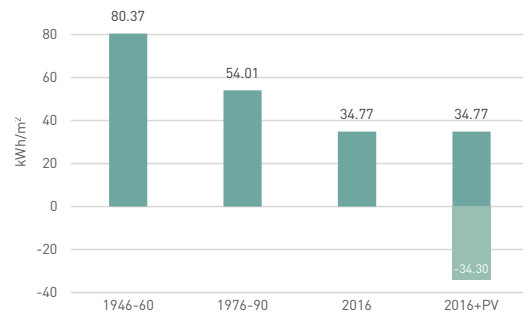
2016

$U_{opaque} = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{window} = 1.40 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{roof} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{earth \text{ ret}} = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$

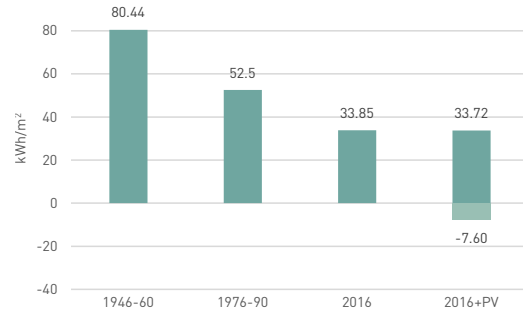
2016 + PV

$U_{opaque} = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{window} = 1.40 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{roof} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{earth \text{ ret}} = 0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$

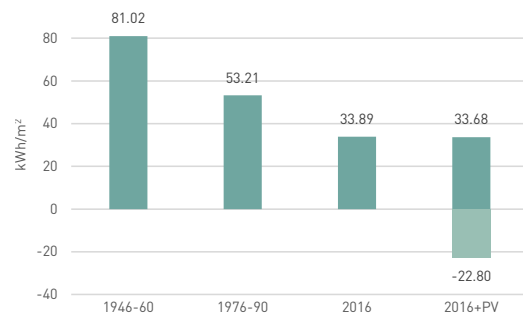
After the simulations about which type of building typologies can give us a better behaviur in terms of energy consupction, We decided to continue our analysis with **court**



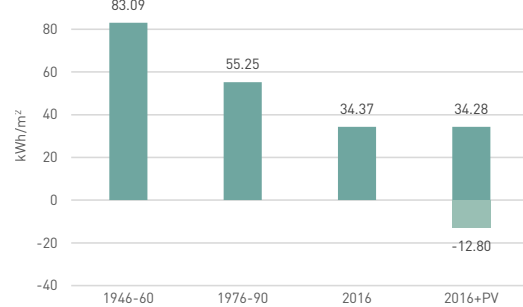
Estratto01: Court analysis



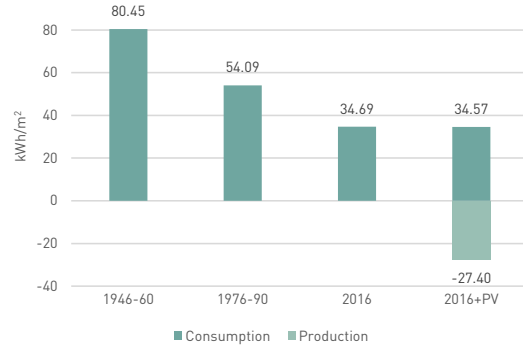
Estratto02: Tower analysis



Estratto03: Bar analysis



Estratto04: "Y" analysis



Estratto05: "C" analysis

and **bar** buildings typologies. Evaluating data obtained by simulations, we can notice that court building provide the highest value of production of energy by PV panels during trhe year, probably due to the highest roof's area, that match with our mission. The second building typology is bar because of its lowest energy consumption value and it is ability to generate energy. The following analyses will be performed using "2016+PV" technological choice, by varying the glazing surface of the external walls.

TABULA - Typology Approach for Building Stock Energy Assessment.

To perform all the simulations made before, We decided to use some informations regarding U value of walls,roofs, and windows from Tabula database³, that contains most common values in italian buldings, sorted by ages.

Tabula is an international database where each country has developed its buldings, according to period of construction, with typical energetic qualities in order to known the energy performance and the potential

energy savings that can be achieved through redevelopment of the building envelope and thermal systems. Two levels of requalification of the building-type have been analyzed during the process of creation of database: "typical requalification", through the application of measures commonly used within the country, and an "advanced requalification" through the introduction of interventions reflecting the best available technologies.

The structure of the database has been completed with the national data from each country: typical geometric values (air-conditioned gross volume, dispersing surface, etc.), thermo-physical parameters of building envelope components, performance of thermal plants, statistical distribution of the different types of buildings and plant in the national building park and possible energy saving interventions. The data on the types of buildings developed during the project were published through a special Webtool of the types of buildings. For each participating country, the national typology is presented in matrix form with photographs of the type buildings, organized according to the period of construction and the size of the building.

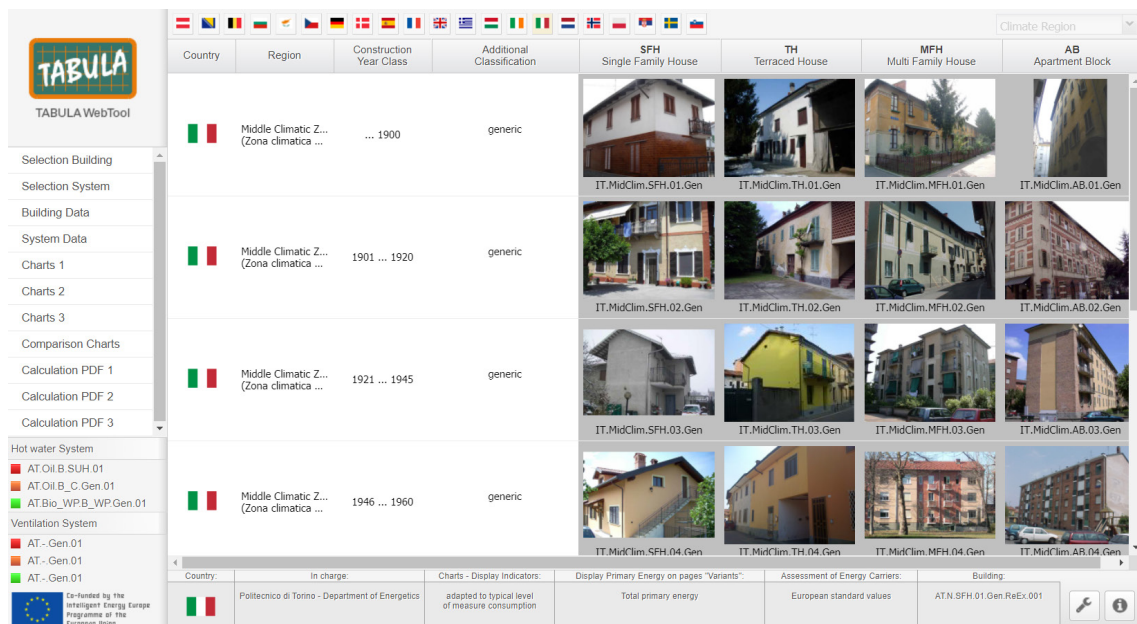


Figura01: Interface of TABULA Webtool

ENERGY OPTIMIZATION

Starting from the optimization made in first part of the analysis, We made some choices that can guide our optimization to obtain the best results in terms of energy surplus. The following analyses, performed by DesignBuilder energy software, are useful to understand the energy behavior of the building with different systems. This software is very useful because it can give us static results using Energy Plus engine. Energy simulations were performed for both types of buildings previously analysed.

DESIGN BUILDER SIMULATION MODEL

To obtain extremely precise value of energy consumption, We started to modelling our two building types on DesignBuilder. First step was to increase and manage the window-to-wall ratio (WWR) in order to understand how gains and losses weigh on the energy balance. Second step was to provide windows by external shading devices; after we added

2 levels and then we removed half of the roof in order to increase the surface on south side but, at the same time, floor area of the building doesn't change. Last step was to install PV panels on vertical facade in order to increase to generative surface and create a slope on the top of the building in favor of improve the solar connection.

More attention has been given on two important values of the energy balance that represent important comparable data and they can guide us to the choice of which optimization is better use to reduce the energy consumption and increase surplus. These are:



Grid Dependency Index (GDI) [%]



Surplus [%]

For each tab, we analysed:

■ Fans ■ Heating ■ Cooling

■ Surplus ■ Grid energy

■ Generation

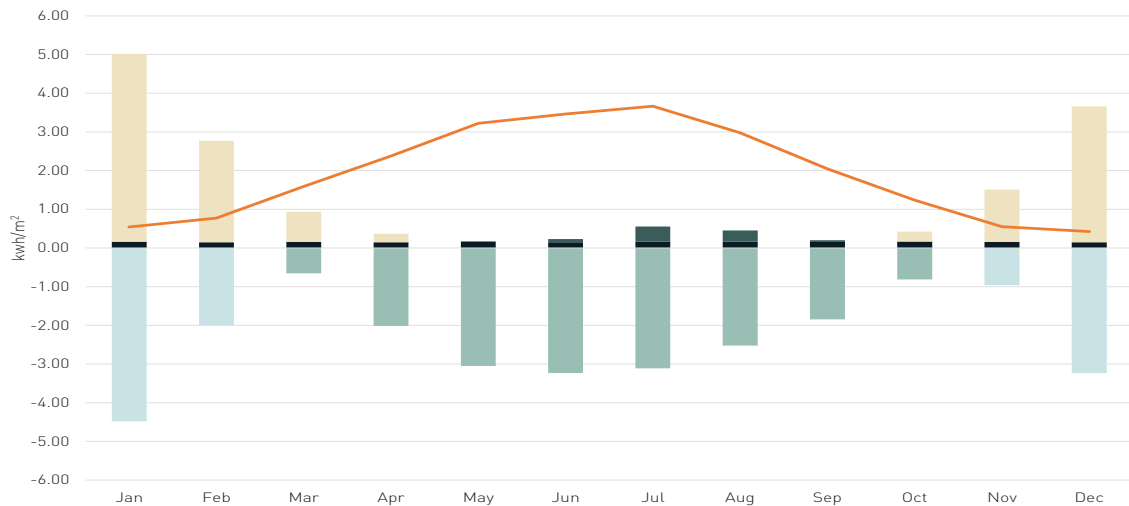
1 STARTING POINT - bar

	65.50 %	WWR: North 40% South 40% East 40% West 40%
	17.24 %	



First simulation made by shape optimization is on starting point. This is performed considering only 40 % of glazed surface of the entire facade. We highlighted in the circles

above the grid dependency index and the surplus index calculated according to this shape optimization and this windows size.

Estratto06: Loads and generation step 1 - bar



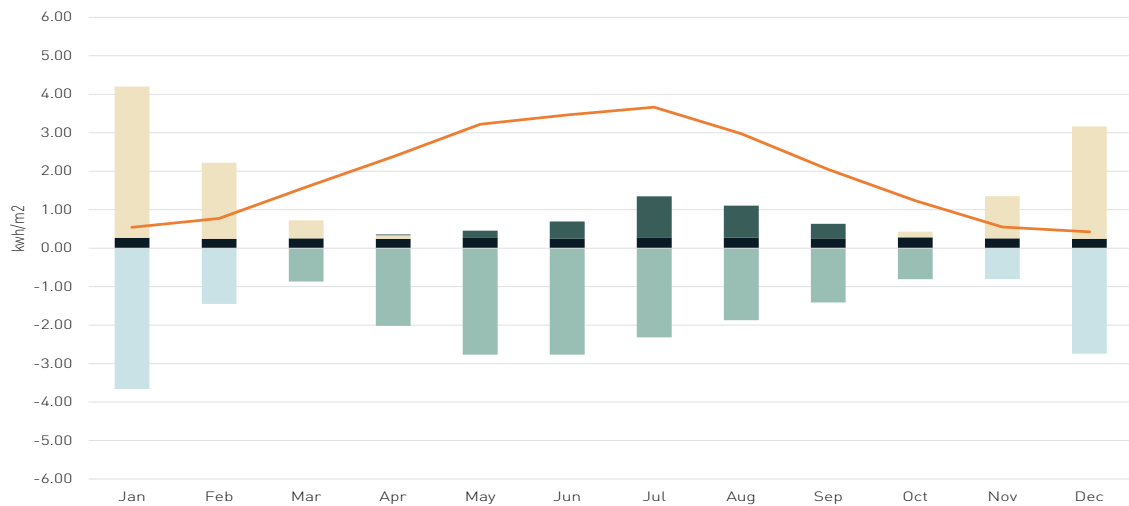
2 INCREASE GLAZED SURFACE - bar

	51.85 %	WWR: North 50% South 50% East 50% West 50%
	14.83 %	

Second phase is to increase the percentage of glazed part of the four facade in order to understand how much solar gains and losses affect the energy balance. We can notice by

simulation a decrement of both values; the grid dependency index decrease by 10% and also the energy production loses some points.

Estratto07: Loads and generation step 2 - bar



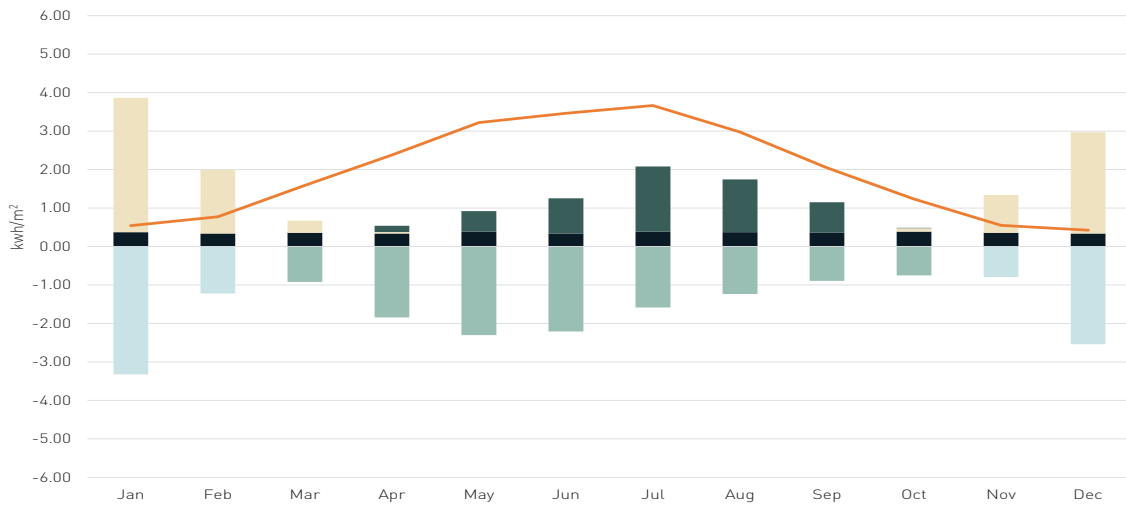
3 INCREASE a SURFACE - bar

	41.45 %	WWR:
		North 60%
		South 60%
		East 60%
		West 60%
	11.73 %	



Last glazed optimization is to increase one more time the dimension of the window. With 60 % of glazed facade we are able to decrease even more the percentage of GDI by 10%. At

the time, the quantity of surplus decrease every time we enlarge the dimension of the windows.

Estratto08: Loads and generation step 3- bar



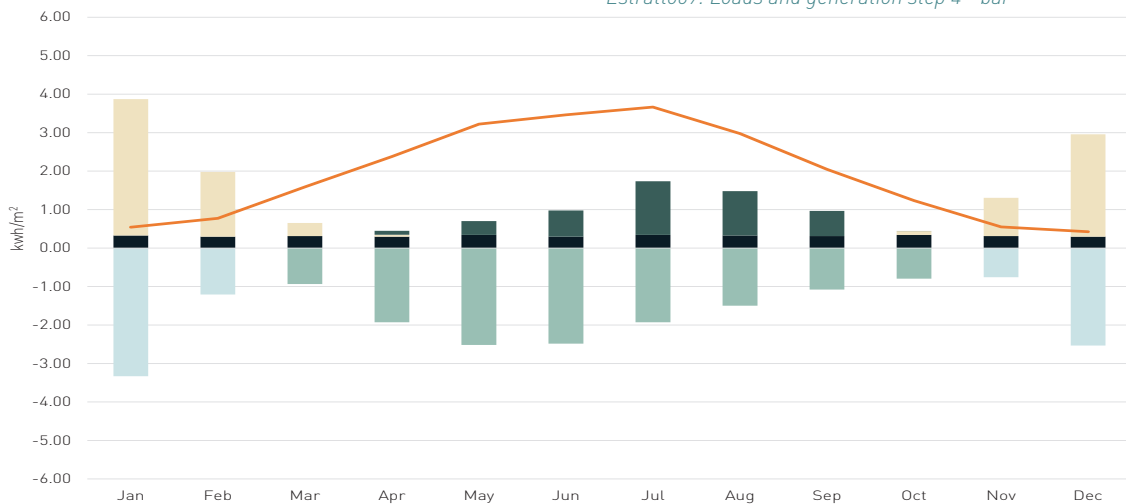
4 DECREASE N-W-E GLAZED SURFACE - bar

	44.66 %	WWR:
		North 50%
		South 60%
		East 50%
		West 50%
	13.16 %	

To improve to capacity of the system to generate more surplus, we decided to decrease the size of windows on north, east and west facade keeping the same WWR on

south side, in order to make the best use of solar gains. Data show that, according to our aim, the percentage of surplus increase while the GDI slightly increase.

Estratto09: Loads and generation step 4 - bar



5 4 + SHADING DEVICES - bar



67.66
%



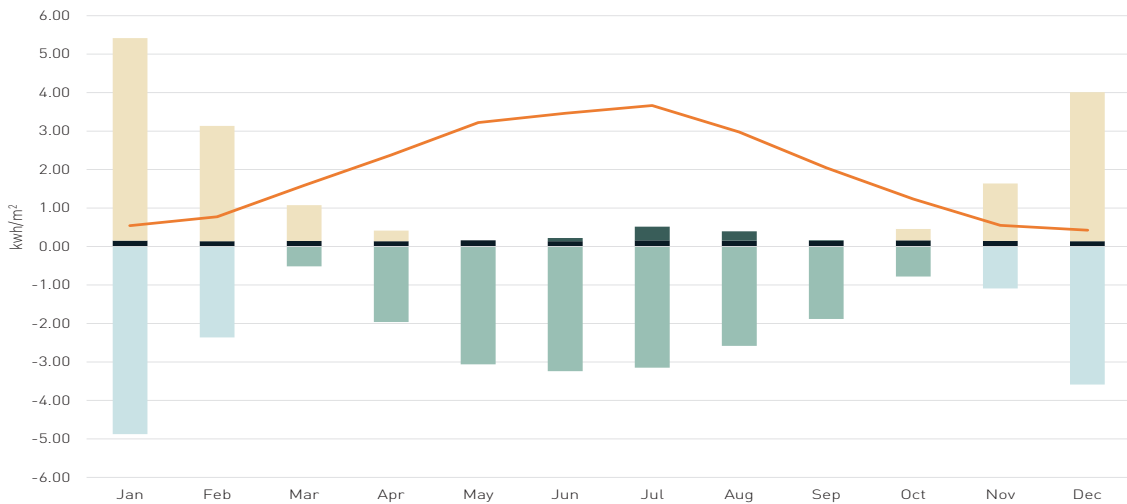
17.17
%

WWR:	
North	50%
South	60%
East	50%
West	50%

In order to provide lighting and thermal comfort, we decide to install shading devices on all the four facade. This can allow us to control solar gains during all the year. Simulations give us

an increment of percentage of energy surplus and an increment of grid dependency index, due to a high use of active systems.

Estratto10: Loads and generation step 5 - bar



6 5 + 2 LEVELS - bar



68.02
%



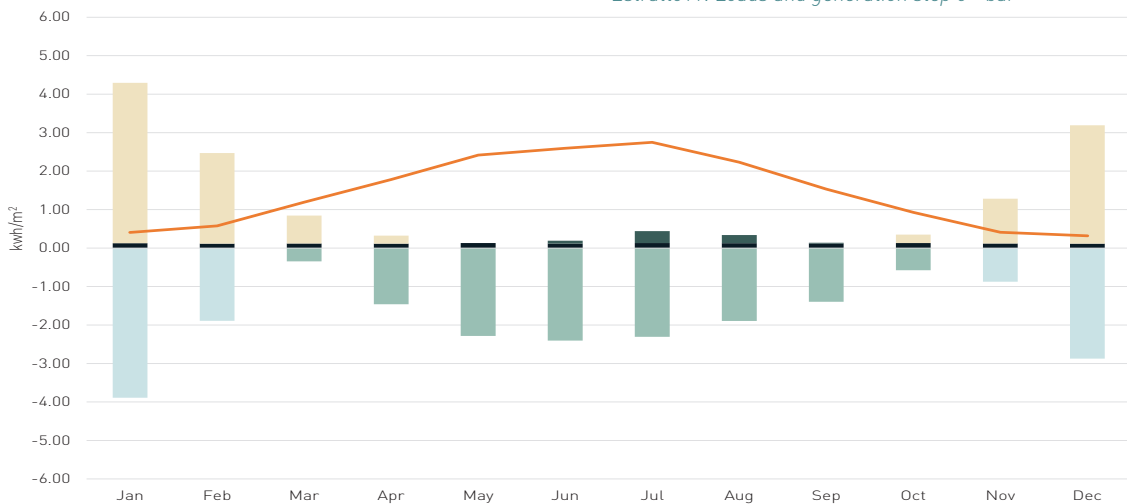
12.87
%

WWR:	
North	50%
South	60%
East	50%
West	50%

Starting from simulation 5, we added two levels to understand how height of the building affect the energy balance. Adding more than 60% of square meter we noticed that

GDI increase and surplus energy decrease. We studied some strategy to increase the height and, at the same time, reduce GDI and increase surplus.

Estratto11: Loads and generation step 6 - bar



7 6 + SLOPED ROOF - bar



63.31 %

WWR:
North 50%
South 60%
East 50%
West 50%

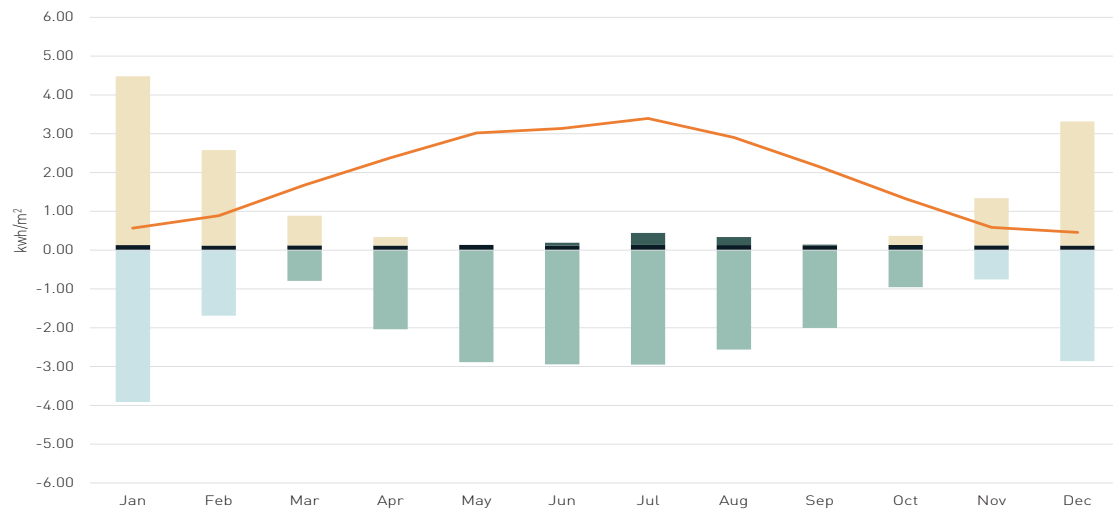


17.14 %

In this phase we decided to cut the building from the base of the two levels added before to the opposite vertex, creating a sort of triangular roof. In this way, we reach the same

height of the building leaving unchanged the internal surface. We reach the same value of surplus and decrease the GDI from the case 5.

Estratto12: Loads and generation step 7 - bar



8 7 + PVs ON FACADE - bar



60.00 %

WWR:
North 50%
South 60%
East 50%
West 50%

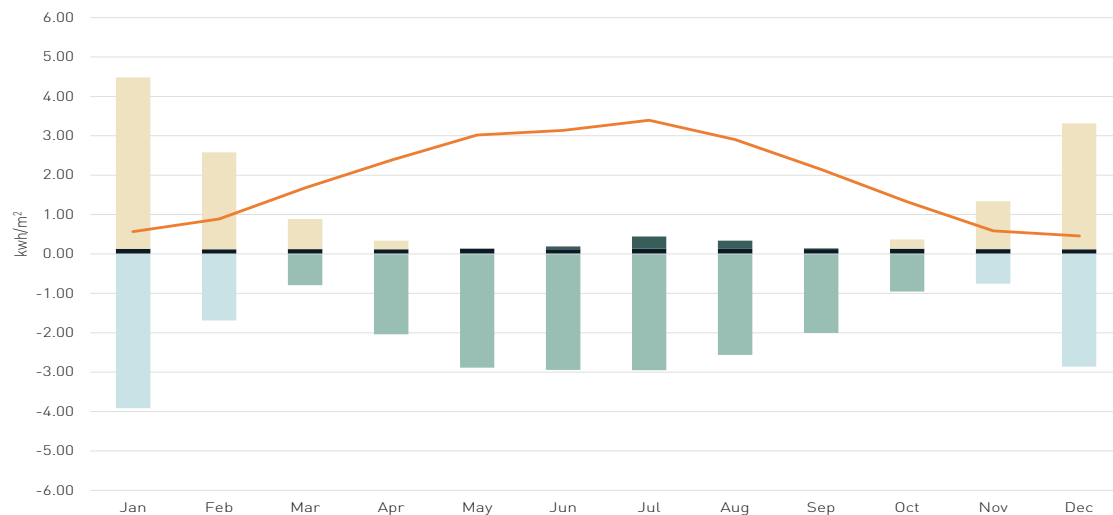


20.64 %

To increase even more to quantity of surplus we provide building with PV panels on east, west and south facade. Adding more energy production devices we can reach the most

high value of energy surplus and at the same time, decrease the percentage of GDI from the last optimization made.

Estratto13: Loads and generation step 8 - bar

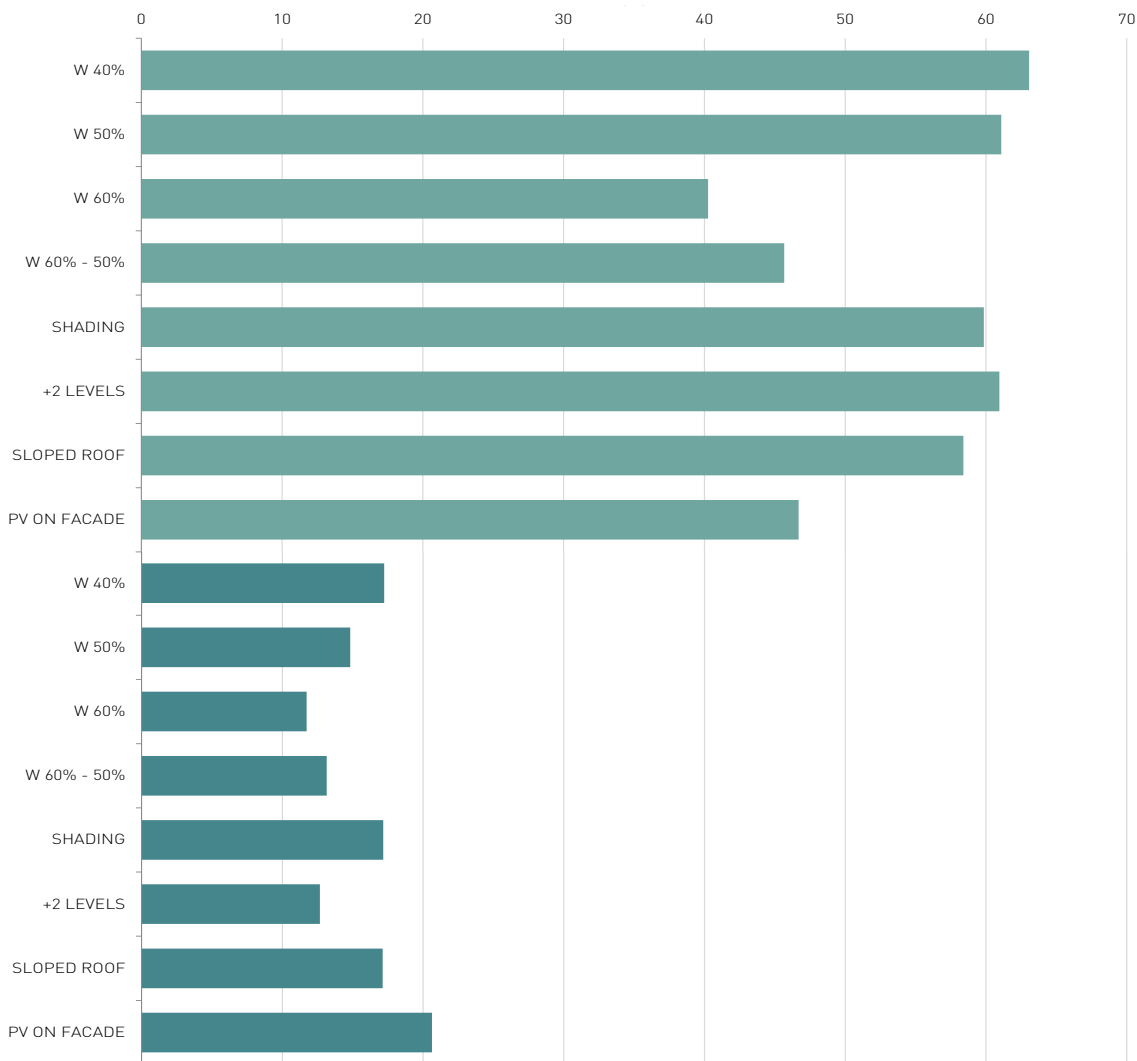


HOW TO INTERPRET THE RESULTS OBTAINED OF BAR ANALYSIS?

These two graphs show the comparison of the 8 cases in terms of grid dependency index (GDI), which shows the amount of energy purchased from the grid, and the surplus generated by the PV panels. First graph show the amount of energy generated which exceed the consumption of our building (during summer) and the amount of energy purchased from the grid (during winter). As you can see, after perform analysis, we are now able to deduce that, in terms of GDI, it depends on the dimension of the windows: bigger windows generate more gain (especially in summer)


and more losses (in winter).

PV on facade (case 8) can provide us a good value of energy production and than surplus, that provide to the building al the energy necessary to the daily use and it provide energy also for micro- mobility and at the same time, can reduce the dependency from the starting point. We highlight some data that explain the Energy Use Intensity and how many days building is dependent on the grid.



Estratto14: Comparison between all simulations done about bar building

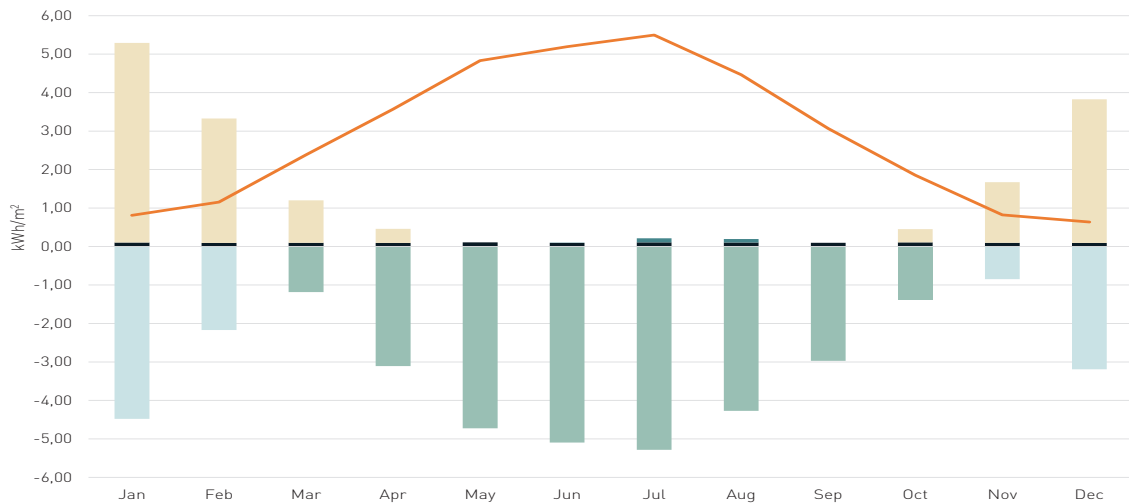
1 STARTING POINT - court

	63.07 %	WWR: North 40% South 40% East 40% West 40%
	28.03 %	



First simulation made by shape optimization is on starting point. This is performed considering only 40 % of glazed surface of the entire facade. We highlighted in the circles

above the grid dependency index and the surplus index calculated according to this shape optimization and this windows size.

Estratto15: Loads and generation step 1 - court



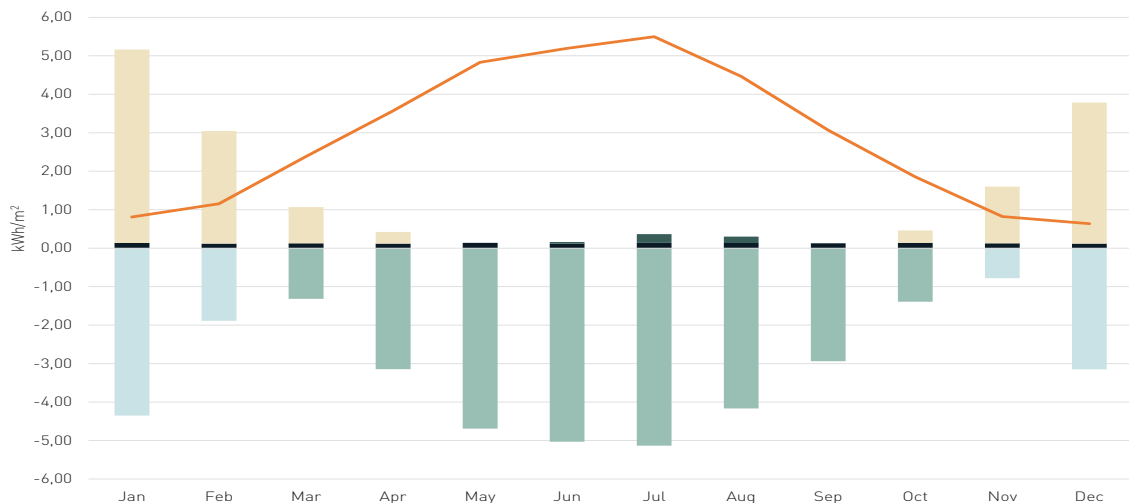
2 INCREASE GLAZED SURFACE - court

	61.09 %	WWR: North 50% South 50% East 50% West 50%
	27.81 %	



Second phase is to increase the percentage of glazed part of the four facade in order to understand how much solar gains and losses affect the energy balance. We can notice by

simulation a decrement of both values; the grid dependency index decrease by 10% and also the energy production loses some points.

Estratto16: Loads and generation step 2 - court



3 INCREASE GLAZED SURFACE - court

	40.26 %	WWR: North 60% South 60% East 60% West 60%
	23.23 %	

Last glazed optimization is to increase one more time the dimension of the window. With 60 % of glazed facade we are able to decrease even more the percentage of GDI by 10%. At

the time, the quantity of surplus decrease every time we enlarge the dimension of the windows.

Estratto17: Loads and generation step 3 - court

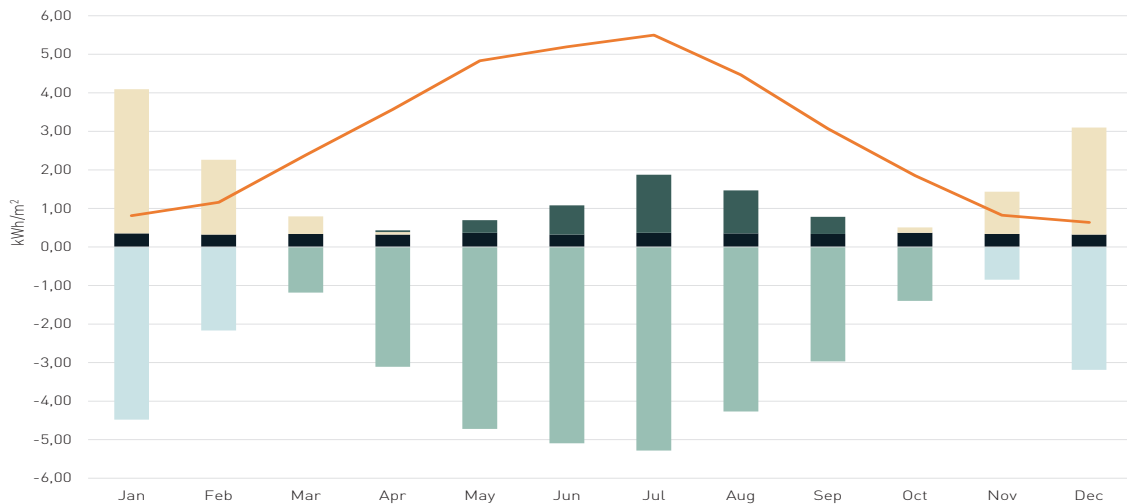




Grafico: Loads and generation step 7

4 DECREASE N-W-E GLAZED SURFACE - court

	45.67 %	WWR: North 50% South 60% East 50% West 50%
	25.02 %	

To improve to capacity of the system to generate more surplus, we decided to decrease the size of windows on north, east and west facade keeping the same WWR on

south side, in order to make the best use of solar gains. Data show that, according to our aim, the percentage of surplus increase while the GDI slightly increase.

Estratto18: Loads and generation step 4 - court

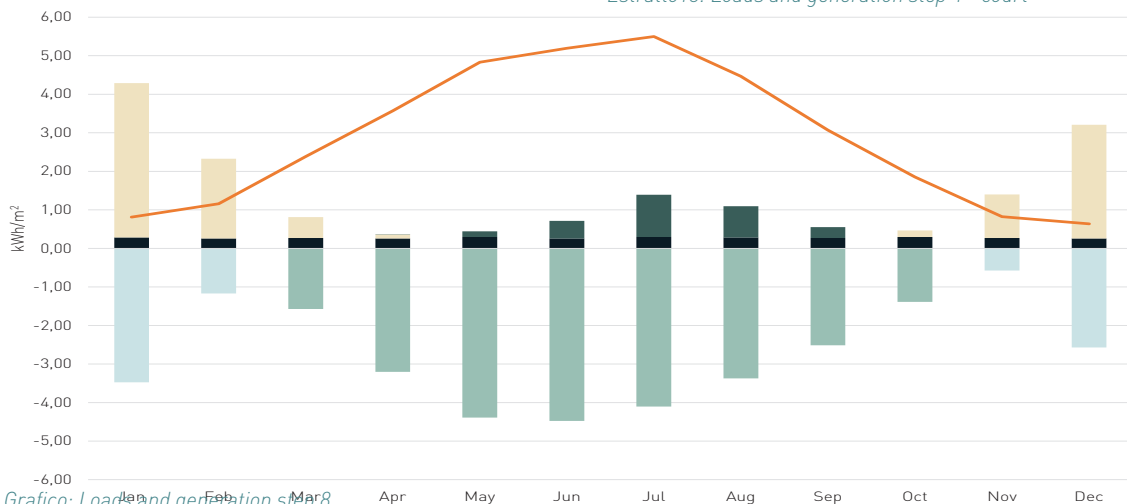


Grafico: Loads and generation step 8

5 4 + SHADING DEVICES - court



59.85 %



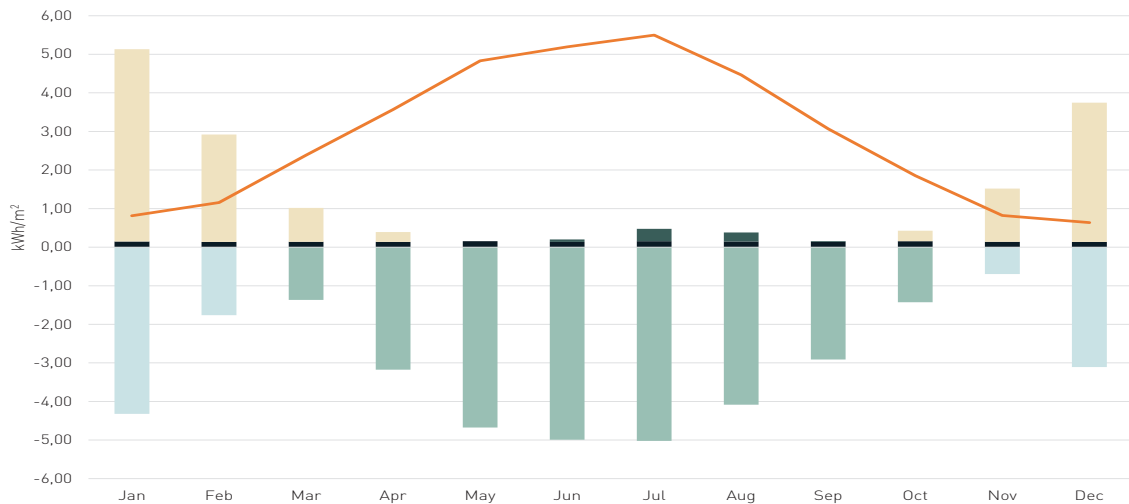
27.66 %

WWR:	
North	50%
South	60%
East	50%
West	50%

In order to provide lighting and thermal comfort, we decide to install shading devices on all the four facade. This can allow us to control solar gains during all the year. Simulations give us

an increment of percentage of energy surplus and an increment of grid dependency index, due to a high use of active systems.

Estratto19: Loads and generation step 5 - court



6 5 + 2 LEVELS - court



60.95 %



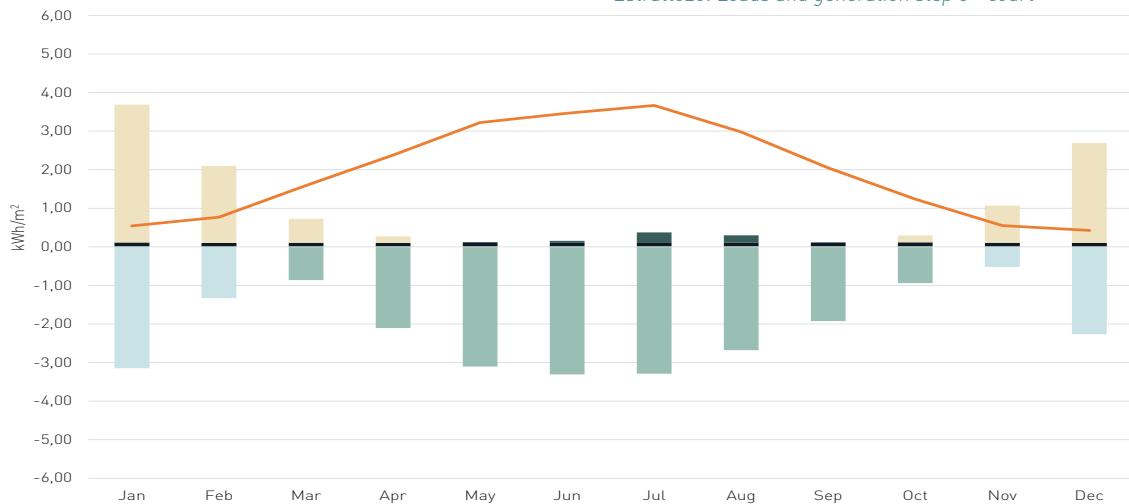
18.21 %

WWR:	
North	50%
South	60%
East	50%
West	50%

Starting from simulation 5, we added two levels to understand how height of the building affect the energy balance. Adding more than 60% of square meter we noticed that

GDI increase and surplus energy decrease. We studied some strategy to increase the height and, at the same time, reduce GDI and increase surplus.

Estratto20: Loads and generation step 6 - court



7 6+ SLOPED ROOF - court



58.40
%

WWR:
North 50%
South 60%
East 50%
West 50%

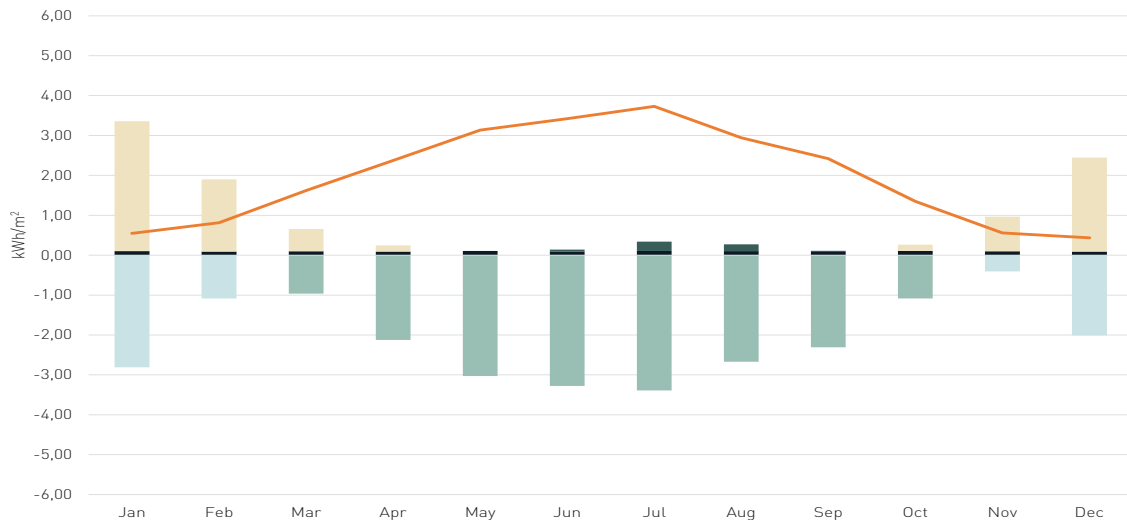


18.85
%

In this phase we decided to cut the building from the base of the two levels added before to the opposite vertex, creating a sort of triangular roof. In this way, we reach the same

height of the building leaving unchanged the internal surface. We reach the same value of surplus and decrease the GDI from the case 5.

Estratto21: Loads and generation step 7 - court



8 7+ PVs ON FACADE - court



46.69
%

WWR:
North 50%
South 60%
East 50%
West 50%

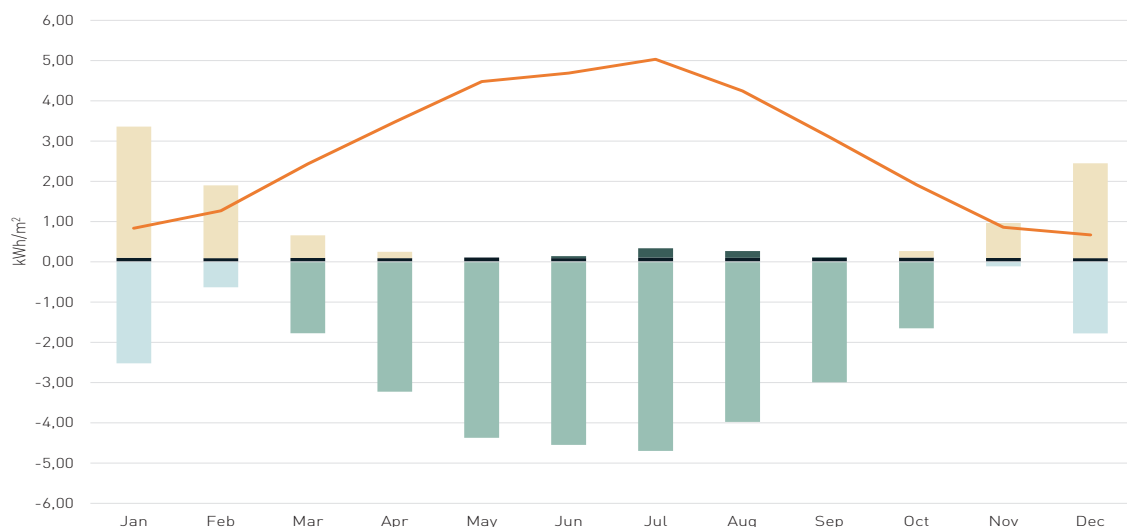


27.24
%

To increase even more to quantity of surplus we provide building with PV panels on east, west and south facade. Adding more energy production devices we can reach the most

high value of energy surplus and at the same time, decrease the percentage of GDI from the last optimization made.

Estratto22: Loads and generation step 8 - court

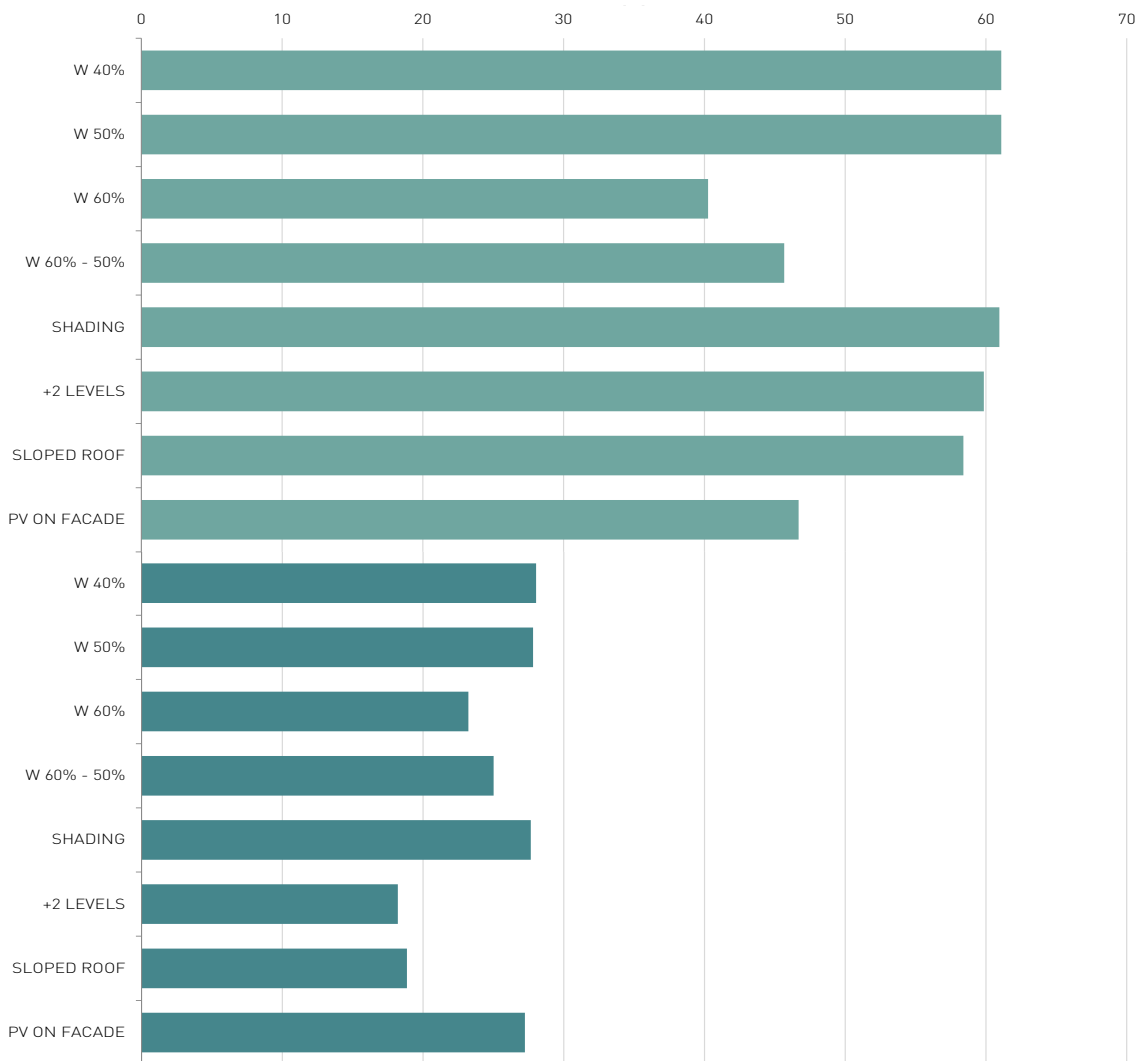


HOW TO INTERPRET THE RESULTS OBTAINED OF COURT ANALYSIS?

These two graphs show the comparison of the 8 cases in terms of grid dependency index (GDI), which shows the amount of energy purchased from the grid, and the surplus generated by the PV panels. First graph show the amount of energy generated which exceed the consumption of our building (during summer) and the amount of energy purchased from the grid (during winter). As you can see, after perform analysis, we are now able to deduce that, in terms of GDI, it depends on the dimension of the windows: bigger windows generate more gain (especially in summer)

and more losses (in winter).

PV on facade (case 8) can provide us a good value of energy production and than surplus, that provide to the building al the energy necessary to the daily use and it provide energy also for micro- mobility and at the same time, can reduce the dependency from the starting point. We highlight some data that explain the Energy Use Intensity and how many days building is dependent on the grid.



Estratto23: Comparison between all simulations done about court building

CAPITOLO 2.2

ANALYSIS FOR BATTERY SIZING

ANNUAL AND DAILY ANALYSIS

bar

In this part we will focus on annual and daily analysis. Differently from the first part of simulations, computing all the data necessary to sizing battery, we have also considered the lighting loads in the energy balance. This to obtain the best dimensioning of storage battery that it is not required by laws and regulations for the study of energy consumption.

ANNUAL ANALYSIS

After having an overview on the performances of different building types and selected two of them we carried out an optimization of the shape to improve the energy efficiency of the PV panels and to reduce the consumption. To increase the energy produced by the building, we apply the PV panels both on the roof and on the 40% of the facades, in order to obtain more surplus usable both to the life of the building and to fuel the electric mobility.

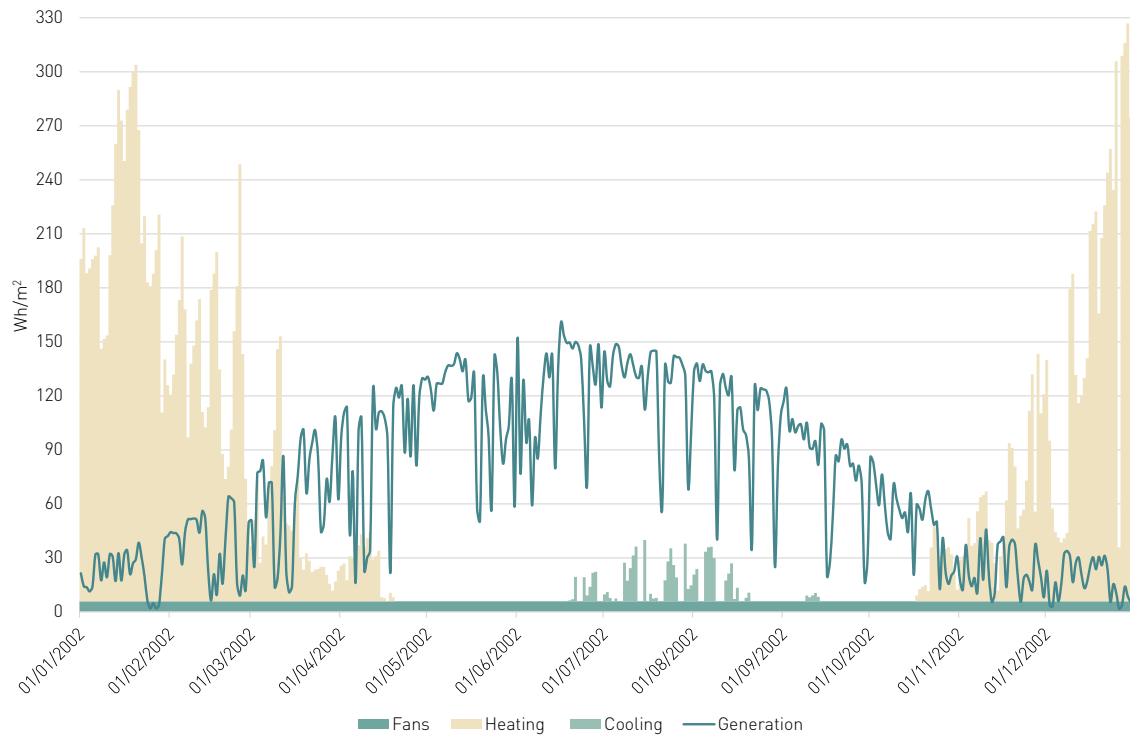
In this stage it was used the following chart to understand the behaviour of the court all over the year. As can be seen in the graph during winter, the heating loads are larger than the energy produced by the PV panels; this means

optimized battery capacity	daily energy surplus	total energy capacity
	86.10 Wh/m ²	723.22 kWh
maximum battery capacity	daily energy surplus	total energy capacity
	154.74 Wh/m ²	1299.82 kWh

that the use of the grid's energy is necessary, while during the most of the year the energy produced is enough to guarantee a surplus.

Based on the analysis the bar is independent by the grid's energy for 91 days each year, this is possible due to the large area of PV panels applies to the building. Due to the reduction of sunlight during winter the building depend on the grid for 118 days.

The graph below about energy consumption and generation can provide an idea of surplus during the months of the year. We can see how heating and cooling system and fan for mechanical ventilation affect the energy



Estratto24: Annual bar analysis

balance. In winter seasons, we can notice that we need energy from the grid to fuel the users of the building according to energy production from PV panels generation. The most impactful consumption in wintertime is due to the high loads of heating system.

In summer, the overall situation changes. Due to the upper position of the sun and to more sunny days, PV generate more than the first part of the year, with pics of 160 Wh/m². The loads that affect this period are the energy used for cooling and for fans. In accordance to the choices made during the shape optimization, an increasing of the transparent surface on south side of the building can provide a good level of solar gain that reduce consumptions for cooling and increase the surplus of energy.

With the aim of sizing the battery, the energy required to be stored was quantified starting by the energy surplus of the building. In the first row was calculated the average surplus of energy while in the second the battery capacity was based on the maximum energy

surplus. The second option is working each day but the battery will be overized while the second option it's the most balance and efficient.

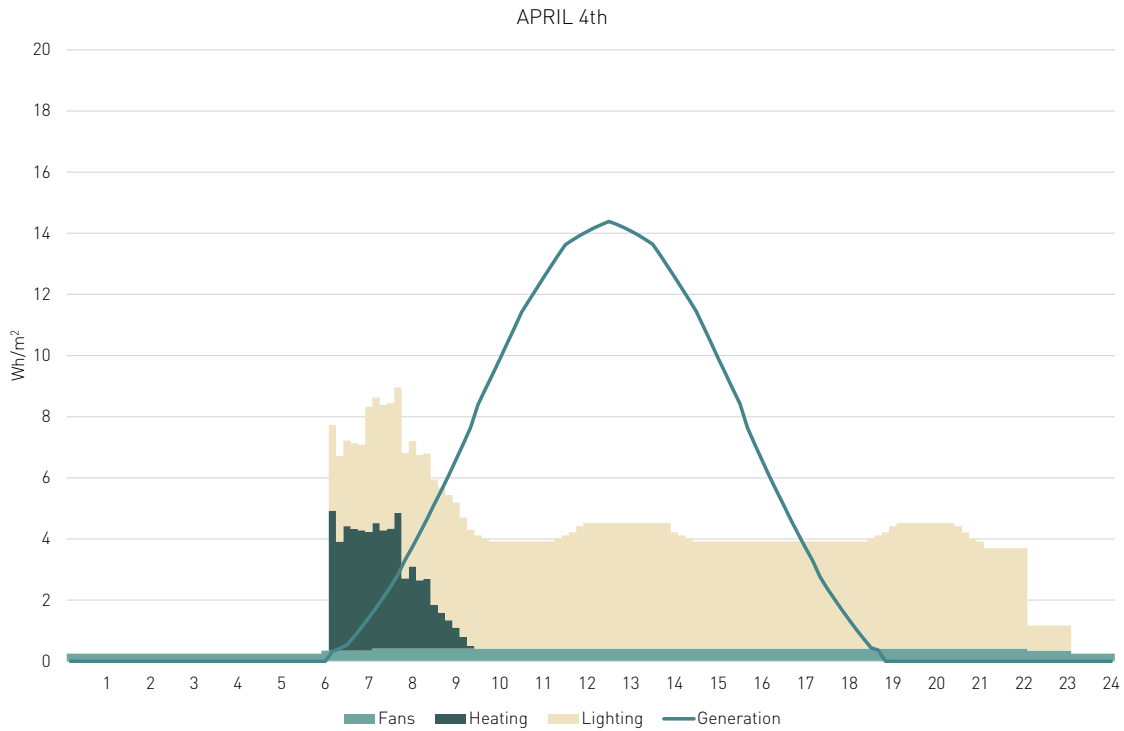
We are now able to compute the optimize surplus of energy related to the entire building per square meter.

Total energy surplus

20.02 kWh/m²

DAILY ANALYSIS

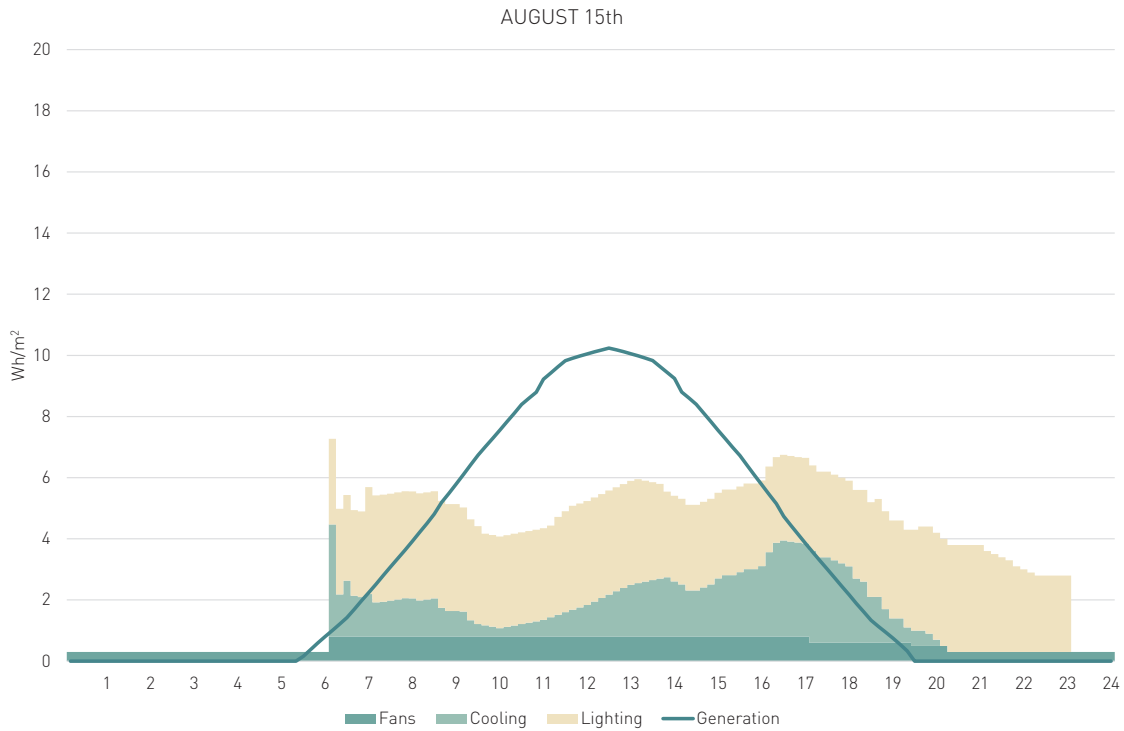
The next step of the analysis focuses on a daily analysis of the energy behaviour of the building in two particular days: August 15 and April 4; the first one was selected due to the high energy surplus recorded in the previous analysis while the second day was selected to understand the energy behaviour between season. This because there are less hour of sunlight as well as the angle of the sun is lower energy produced is lower.



Estratto25: Daily analysis of bar on 4th April

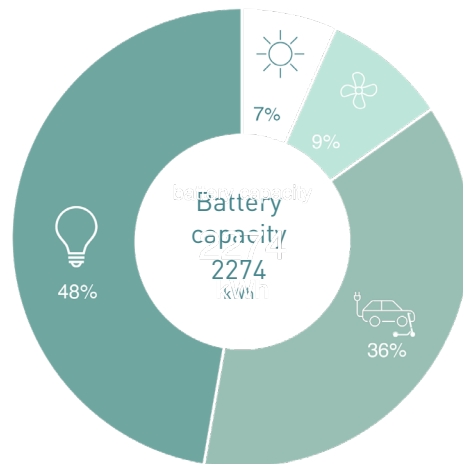
APRIL 4th: In this period, due to the position of the sun and to the use of heating system, we can see that the energy consumption is higher than the energy production so there is no surplus of energy to store into batteries. Ventilation systems start at 6 am to respond to meet the needs of users. In fact, in the first part of the graph, we can notice that there is an high use of energy of heating system to control the internal comfort temperature.

	Night demand	Daily surplus	Battery capacity
APRIL 4th	227 Wh/m²	270 Wh/m²	2274 kWh

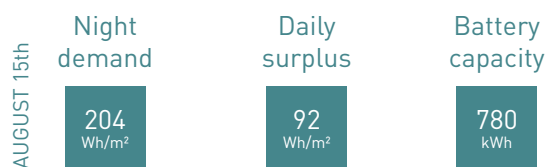


Estratto26: Daily analysis of bar on 15th August

AUGUST 15th: the chart shows that during summer the energy produced by the PV panels is almost twice the ones produced in spring, the energy generated by the PV panels is enough to obtain an energy surplus which could be use both for the energy demand of the building during the night and to recharge electric vehicles, in this scenario is important to understand the amount of energy produced. In this case the excess energy is taken by the building itself (86%) during the night while a small part of the energy (14%) can be used to recharge electric vehicles.



Estratto27: Estimation of battery usage of bar



ANNUAL AND DAILY ANALYSIS

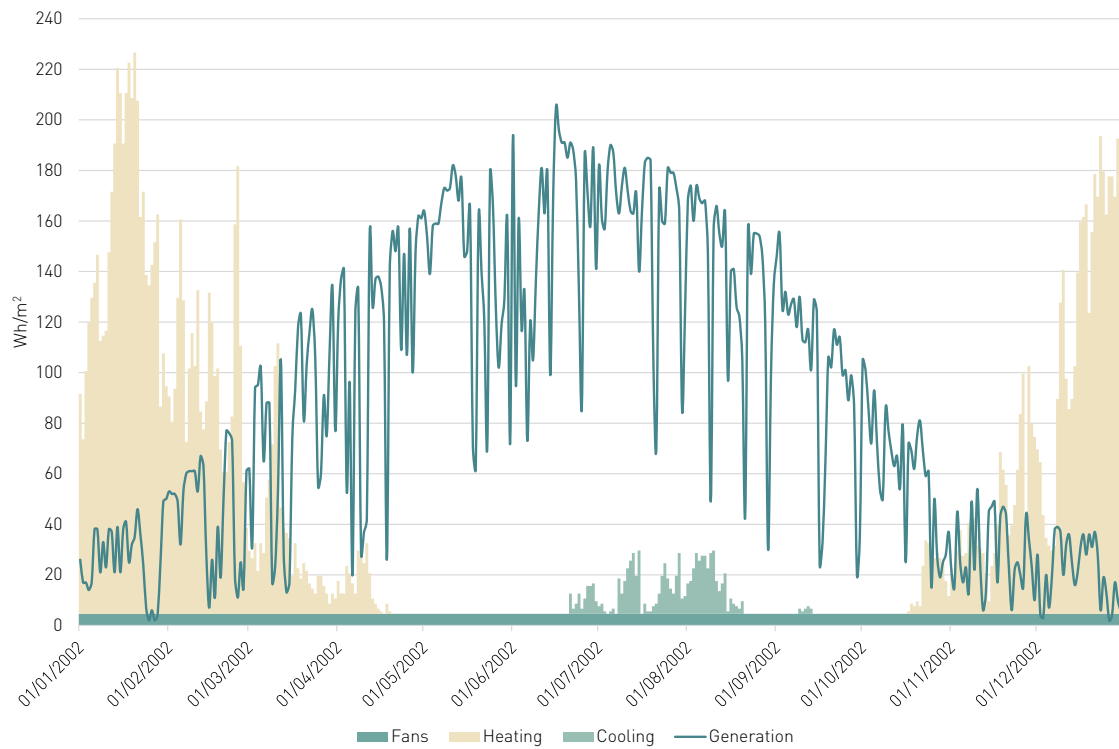
court

After having an overview on the performances of different building types and selected two of them we carried out an optimization of the shape to improve the energy efficiency of the PV panels and to reduce the consumption. To increase the energy produced by the building, we apply the PV panels both on the roof and on the 40% of the facades, in order to obtain more surplus usable both to the life of the building and to fuel the electric mobility. In this stage it was used the following chart to understand the behaviour of the court all over the year. As can be seen in the graph during winter, the heating loads are larger than the energy produced by the PV panels; this means that the use of the grid's energy is necessary, while during the most of the year the energy produced is enough to guarantee a surplus. Based on the analysis the court is independent by the grid's energy for 247 days each year, this is possible due to the large area of PV panels applies to the building. Due to the reduction of sunlight during winter the building depend on the grid for 118 days.

The graph below about energy consumption and generation can provide an idea of surplus during the months of the year. We can see

optimized battery capacity	daily energy surplus	total energy capacity
	107.28 Wh/m²	2393.25 kWh
maximum battery capacity	daily energy surplus	total energy capacity
	200.40 Wh/m²	4449.68 Wh

how heating and cooling system and fan for mechanical ventilation affect the energy balance. In winter seasons, we can notice that we need energy from the grid to fuel the users of the building according to energy production from PV panels generation. The most impactful consumption in wintertime is due to the high loads of heating system. In summer, the overall situation changes. Due to the upper position of the sun and to more sunny days, PV generate more than the first part of the year, with pics of 200 Wh/m². The loads that affect this period are the energy used for cooling and for fans. In accordance



Estratto28: Annual court analysis

to the choices made during the shape optimization, an increasing of the transparent surface on south side of the building can provide a good level of solar gain that reduce consumptions for cooling and increase the surplus of energy.

With the aim of sizing the battery, the energy required to be stored was quantified starting by the energy surplus of the building. In the first row was calculated the average surplus of energy while in the second the battery capacity was based on the maximum energy surplus. The second option is working each day but the battery will be overized while the second option it's the most balance and efficient.

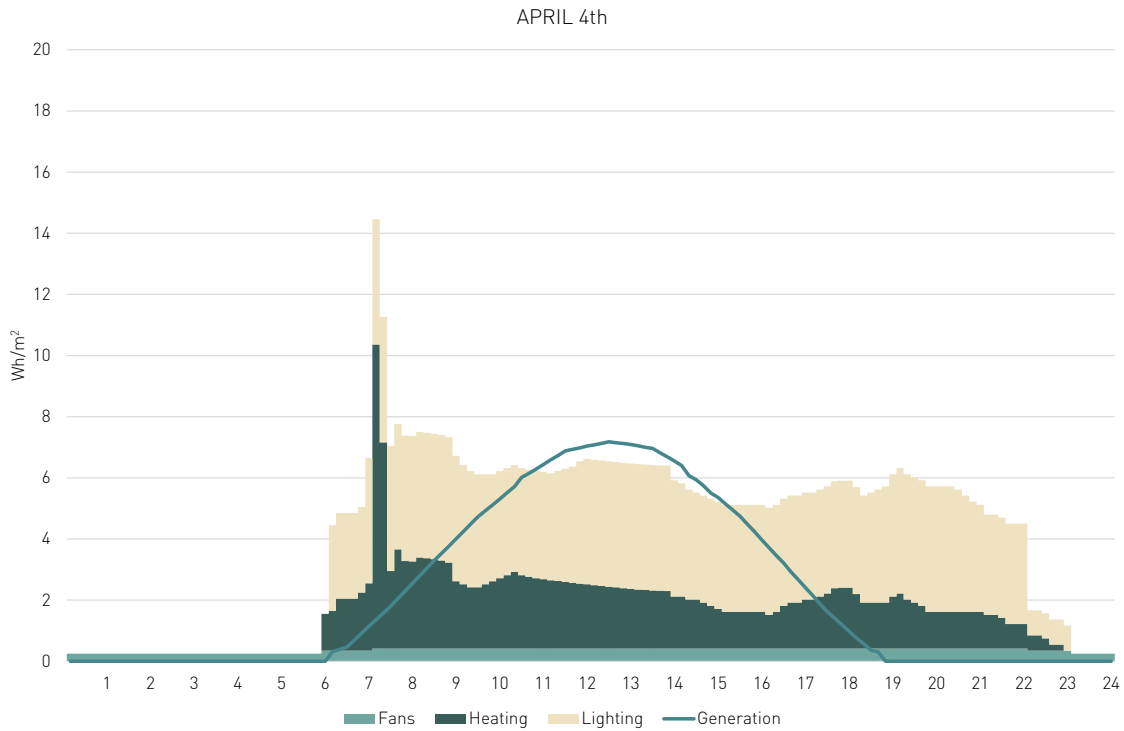
We are now able to compute the optimize surplus of energy related to the entire building per square meter.

Total energy surplus

26.62 kWh/m²

DAILY ANALYSIS

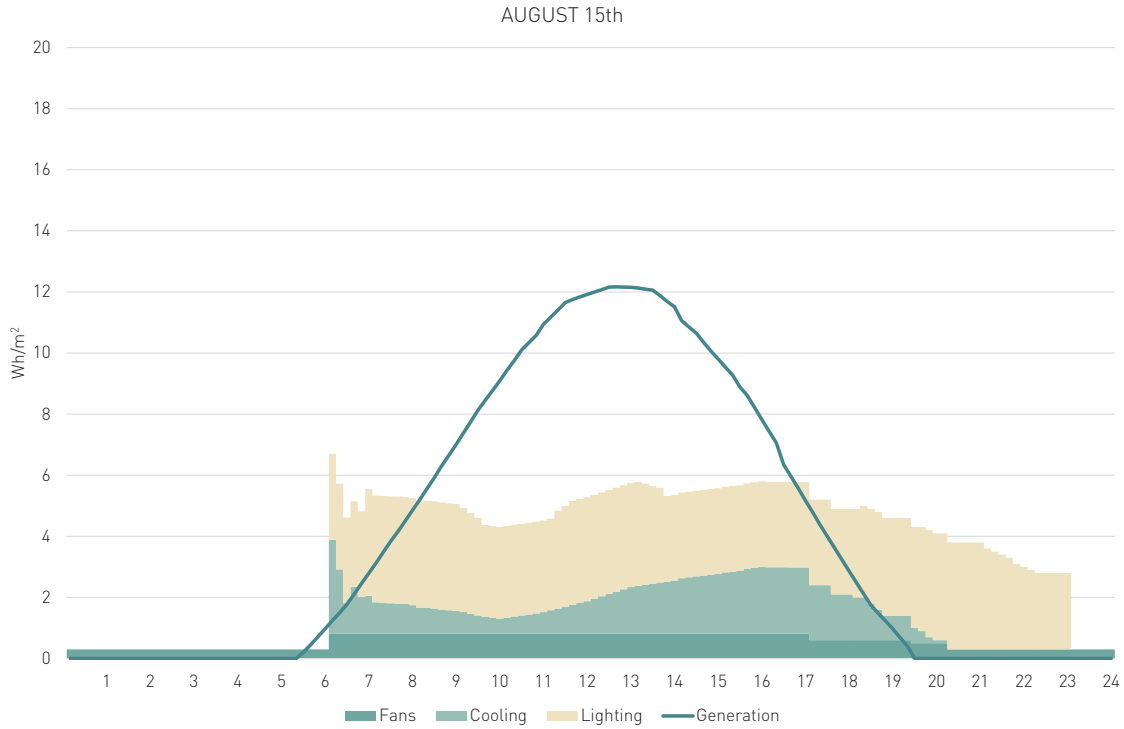
The next step of the analysis focuses on a daily analysis of the energy behaviour of the building in two particular days: August 15 and April 4; the first one was selected due to the high energy surplus recorded in the previous analysis while the second day was selected to understand the energy behaviour between season. This because there are less hour of sunlight as well as the angle of the sun is lower energy produced is lower.



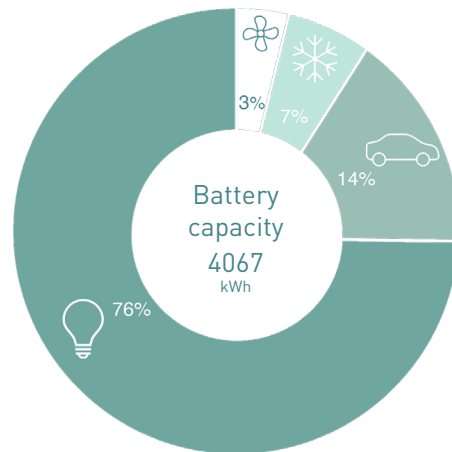
Estratto29: Daily analysis of court on 4th April

APRIL 4th: the second analysis shows that the energy produced by the PV panels is not enough to cover the whole energy demand, however it's still necessary a battery to store the amount of surplus energy during the day which could be use during the night to supply the building's energy demand.

APRIL 4th	Night demand <div style="background-color: #006666; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> 194 Wh/m² </div>	Daily surplus <div style="background-color: #006666; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> 7 Wh/m² </div>	Battery capacity <div style="background-color: #006666; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> 162 kWh </div>
-----------	--	---	---



Estratto30: Daily analysis of court on 15th August



Estratto31: Estimation of battery usage of court

AUGUST 15th: the chart shows that during summer the energy produced by the PV panels is almost twice the ones produced in spring, the energy generated by the PV panels is enough to obtain an energy surplus which could be use both for the energy demand of the building during the night and to recharge electric vehicles; in this scenario is important to understand the amount of energy produced. In this case the excess energy is taken by the building itself (86%) during the night while a small part of the energy (14%) can be used to recharge electric vehicles.



CAPITOLO 2.3

FINAL COMAPRISON

HOW TO USE ENERGY SURPLUS?

According to all the simulations made in the first part of the analysis and the sizing and optimization of battery capacity for each typology of building taken into account, we are now able to assume some scenarios about the use of the energy surplus. The aim of our research is to implement the sustainable mobility to our masterplan project, in particular to manage the energy surplus made by “green” energy sources and allocate this for the mobility. Regulations and laws about climate change^{4,5} and the increase of states aid for the promotion of electric and more sustainable mobility, are very important topics for the growth of a city. Especially in a modern city as Milan, where actually we can see an high number of modern and more watchful to sustainability renovations of suburban areas, we need to focus on some strategies that can reduce the CO₂ emission and, at the same time, increase and maintain a good quality of life.

We need also to consider that market of electric vehicles⁶ is suffering a strong

increasing of sales which will involve to a very huge demand of charging station infrastructure, not widespread in Italy.

In addition to this, cities around the world are implementing “slow mobility”⁷ with electric bike and scooter that allow the city users to move in city centre quickly and avoiding the urban traffic that represent the one of the most pulling elements in terms of acoustic noise and CO₂ emission. This infrastructure needs and important network of charging station added to a very spread system of pick-up point. Last consideration about electric transport is about public autonomous pods. This kind of technology, that in these years is developing with interesting new projects, is part of the renovations of cities⁸ that want to become modern and attractive to the construction economy. In particular, in a very vast area as Porta Romana, we need a system of transportation that can combine both time efficiency and no CO₂ emission. This match with the project of autonomous pods that can move side-to-side of the area.

To find out the most truthful values possible, we analysed from the annual analysis in which months we obtain energy surplus. Starting to this, we selected one representative day per month and we analysed the daily energy surplus.

At the end of the energy analysis, according to the solutions that can solve mobility problems respecting the environment and the emission of CO₂'s regulations, we hypothesized three different scenario of internal and external mobility. Each scenario take into account both two building typology studied in the first part of simulation (bar and court) in order to have an idea of how many energy surplus each building can provide mobility. This can be used for have an overall calculation of how many scooters, bike and car we can "move" with energy from our masterplan.

The following data represent the battery capacity taken into account for the calculation of how many pods, vehicles, scooter and bike we can charge by each building by PV panels installed on the roof and on facade.

It is important to highlight that in the following calculations we will consider mathematics optimization in order to have an idea of how many devices each building can power. We will not consider any battery losses due to the storage and transport of energy.

SCENARIO 1

Pods



Scooter



First scenario includes that we use energy production by PV panel in two different ways: one part is provide to the building for the usage than the energy surplus is provided for autonomous mobility. We can assume that the average battery capacity is 30 kWh⁹. In this scenario will be considered also "slow mobility" as scooters and bikes, with 0.300 kWh¹⁰ as medium battery capacity.

SCENARIO 2

Electric vehicles



Second scenario is about electric vehicles. Starting to energy surplus of bar building, we decided to use this amount of energy for the external mobility. This can be used by users of the services inside the area of Porta Romana and for citizen that live near. Charging station will be installed in specific area of the masterplan. We assume as average battery capacity for each vehicles is 100 kWh¹¹.

SCENARIO 3

Pods



Scooter



Electric vehicles

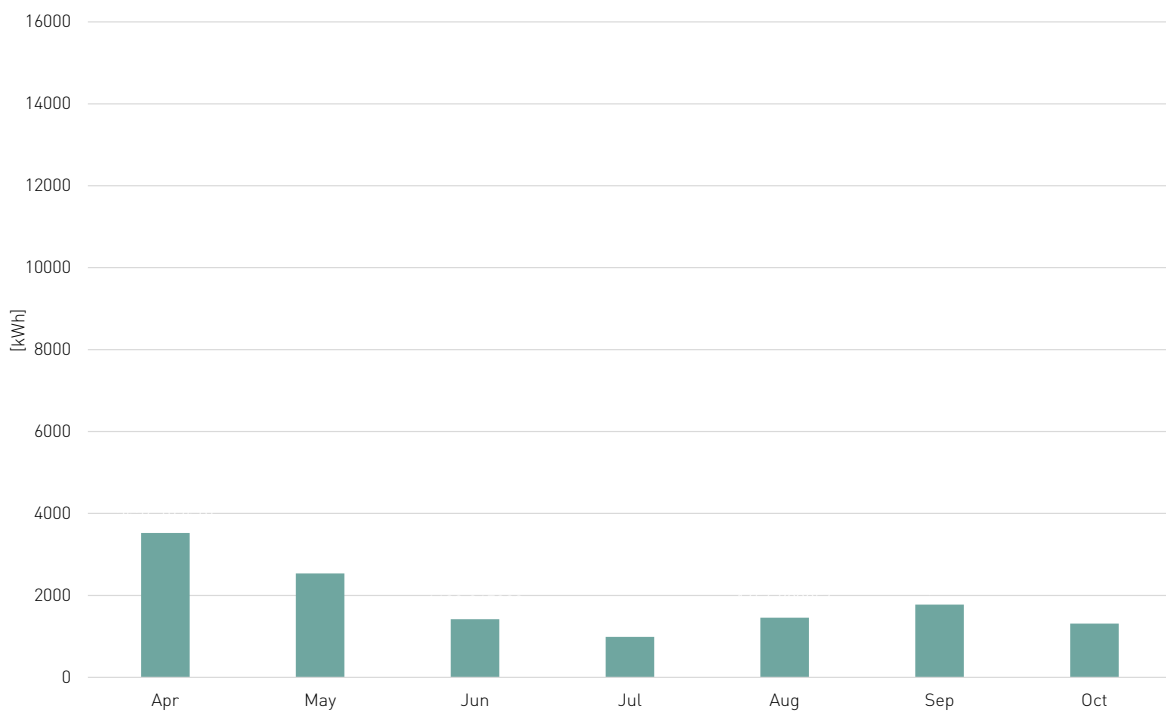


As last scenario, we manage the calculation made in scenario 1 and 2 and we combine the number of pods, scooter, bike and vehicles in order to obtain an optimization of the internal and external mobility. This scenario takes into account that the number of people is 4000 and they will probably prefer pods and scooter instead vehicles that need a lot of parking lots and and more charging times.

IMPLEMENTATION OF ELECTRIC MOBILITY IN BAR BUILDING

In this first part, we will analyse in which months we obtain energy surplus from bar building. This to evaluate the most truthful values to apply to our three scenarios. We find

out from annual analysis that from April to October we have a daily surplus of energy. The following graph show simulations made related to one day per months selected before.



Estratto32: Average monthly surplus of bar building

After the analysis, we find out the average daily surplus of bar building. This represent the generation of PV panels minus the total amount of loads (fan, heating/cooling, lighting). The trend of daily surplus change depending on the months; this is due to different factor: for example in April data show that we have an high value of surplus. In fact in this month, we do not need any heating or cooling system to control the indoor temperature so the ammount of the loads are very low. In august we recorded an high value of generation but, at the same time, cooling system requires a lot of energy to work and create a comfort for the users of the building. For the following part, we will use the following data:

Average daily surplus - bar		Floor area		Available surplus
221 Wh/m ²	X	8400 m ²	=	1856 kWh

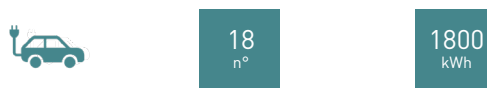
This value allows us to calculate how many batteries we can charge in a day by PV panels installed on bar building. After that we can now calculate the number of devices that can be charged according to the three different scenario analysed.

SCENARIO 1



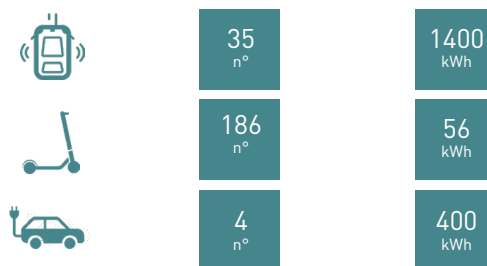
Bar building, according to the average daily surplus, can power 35 autonomous pods, with an energy consumption of 1400 kWh and 1500 scooters and electric bikes in order to consume all the available surplus.

SCENARIO 2



Scenario 2 foresees only the use of electric vehicles as electric device charged by the daily energy surplus. Managing the data about the battery capacity and the available surplus we find out that we can charge 18 vehicles for each bar building using the 97% of surplus available.

SCENARIO 3

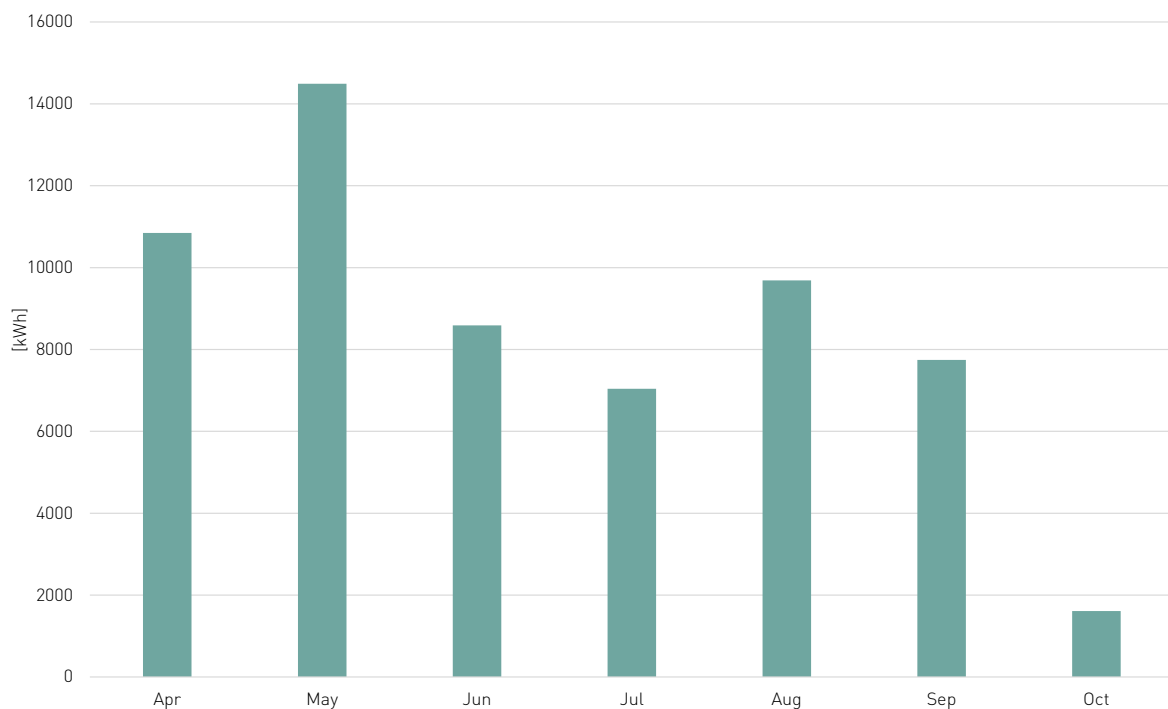


As last scenario, we combine the two scenarios explained before in order to obtain the most likely number of devices powered by the surplus. Using the 100% of available energy, we can move 35 autonomous pods, 186 scooters and bikes and we can charge 4 electric vehicles per one bar building.

IMPLEMENTATION OF ELECTRIC MOBILITY IN COURT BUILDING

As shown in the bar building, we will analyse in which months we obtain energy surplus from bar building. This to evaluate the most truthful values to apply to our three scenarios. We

find out from annual analysis that from April to October we have a daily surplus of energy. Graph shows the data that we exported from the simulation.



Estratto33: Average monthly surplus of court building

We now find out the average daily surplus of bar building that represent the generation of PV panels minus the total amount of loads (fan, heating/cooling, lighting). Differently from the simulation of bar building, the trend of daily surplus change depending on the months; this is due to the same factor but they loads differently in this building: for example we registered the highest value of surplus in May, when heating and cooling are off. In October, systems for internal comfort require lots of energy for their work and, due to the less solar radiation on PV panels, we recorded the lowest value of surplus. For the following part, we will use the following data:

Average daily surplus - court		Floor area		Available surplus
386 Wh/m ²	X	22204 m ²	=	8570 kWh

As we can see, the available surplus of energy is higher in court building than bar one. This is due to the higher floor area and higher surface of PV panels we can install on roof and facade.

This value allows us to calculate how many batteries we can charge in a day by PV panels installed on bar building.

After that we can now calculate the number of devices that can be charged according to the three different scenario analysed.

SCENARIO 1



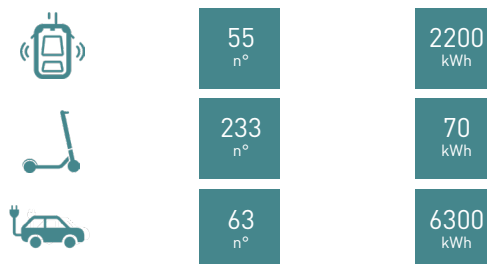
According to the average daily surplus, we can power 200 autonomous pods using 93% of daily surplus. The remaining 7% is provided to scooters and bikes. Due to the high number of autonomous pods, we can imagine that they can be use not only for internal transport, but also for external lines.

SCENARIO 2



If in the court building we dedicate the available energy surplus to charging electric vehicles, we can power 85 vehicles using 99% of energy.

SCENARIO 3



As last scenario, we combine the two scenarios explained before in order to obtain the most likely number of devices powered by the surplus. Using the 100% of available energy, we can move 55 autonomous pods, 233 scooters and bikes and we can charge 63 electric vehicles per one bar building.

NOTE

1. <https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti/censimenti-precedenti/popolazione-e-abitazioni/popolazione-2011>
2. https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/scientific/IT_TABULA_ScientificReport_POLITO.pdf
3. <https://webtool.building-typology.eu/#bm>
4. <https://www.carbonbrief.org/mapped-climate-change-laws-around-world>
5. <https://climate-laws.org/>
6. [https://www.wallstreetitalia.com/la-quota-di-mercato-delle-auto-elettriche-vendute-in-italia/#:~:text=E%20l'elettrico%20corre%20pi%C3%B9,nello%20stesso%20periodo%20del%202019\).](https://www.wallstreetitalia.com/la-quota-di-mercato-delle-auto-elettriche-vendute-in-italia/#:~:text=E%20l'elettrico%20corre%20pi%C3%B9,nello%20stesso%20periodo%20del%202019).)
7. <https://mobilitybehaviour.eu/2017/07/26/slow-mobility-you-cant-buy-happiness-but-riding-a-bike-brings-you-pretty-close/#:~:text=Slow%20or%20non%2Dmotorized%20traffic,cars%20with%20internal%20combustion%20engines.>
8. <https://www.thenationalnews.com/business/technology/autonomous-pods-the-future-of-city-driving-1.730283>
9. <https://localmotors.com/meet-olli/>
10. <https://www.monopattinoelettrico.info/batteria-per-monopattino-elettrico-tipologie-costi-e-durata/>

11. <https://www.whatcar.com/advice/buying/electric-car-battery-guide/n18055#:~:text=An%20electrified%20car's%20battery%20capacity,of%20electricity%20per%20hundred%20miles.>

RIFERIMENTI

Estratto01: Court analysis - Tavola 02

Estratto02: Tower analysis - Tavola 02

Estratto03: Bar analysis - Tavola 02

Estratto04: "Y" analysis - Tavola 02

Estratto05: "C" analysis - Tavola 02

Estratto06: Loads and generation step 1 - bar - Tavola 04

Estratto07: Loads and generation step 2 - bar - Tavola 04

Estratto08: Loads and generation step 3- bar - Tavola 04

Estratto09: Loads and generation step 4 - bar - Tavola 04

Estratto10: Loads and generation step 5 - bar - Tavola 05

Estratto11: Loads and generation step 6 - bar - Tavola 05

Estratto12: Loads and generation step 7- bar - Tavola 05

Estratto13: Loads and generation step 8 - bar - Tavola 05

Estratto14: Comparison between all simulations done about bar building - Tavola 12

Estratto15: Loads and generation step 1 - court - Tavola 08

Estratto16: Loads and generation step 2 - court - Tavola 08

Estratto17: Loads and generation step 3 - court - Tavola 08

Estratto18: Loads and generation step 4 - court - Tavola 08

Estratto19: Loads and generation step 5 - court - Tavola 09
Estratto20: Loads and generation step 6 - court - Tavola 09
Estratto21: Loads and generation step 7 - court - Tavola 09
Estratto22: Loads and generation step 8 - court - Tavola 09
Estratto23: Comparison between all simulations done about court building - Tavola 12
Estratto24: Annual bar analysis - Tavola 06
Estratto25: Daily analysis of bar on 4th April - Tavola 07
Estratto26: Daily analysis of bar on 15th August - Tavola 07
Estratto27: Estimation of battery usage of bar - Tavola 07
Estratto28: Annual court analysis - Tavola 10
Estratto29: Daily analysis of court on 4th April - Tavola 11
Estratto30: Daily analysis of court on 15th August - Tavola 11
Estratto31: Estimation of battery usage of court - Tavola 11
Estratto32: Average monthly surplus of bar building - Tavola 13
Estratto33: Average monthly surplus of court building - Tavola 13

Figura01: Interface of TABULA Webtool

Grafico01: Number of buildings by type of construction

Grafico02: Court analysis

CAPITOLO 3

MASTERPLAN

*“Io nei miei progetti parto dalle piazze e dai ponti.
Il ponte è l'elemento che unisce”*

Renzo Piano

CAPITOLO 3.1

INTRODUZIONE

ANALISI STORICA

SVILUPPO URBANO DI MILANO

La città di Milano è situata in una posizione strategica, al centro delle strade e dei fiumi che collegano il Nord Italia. Per questo motivo il commercio è sempre stato una delle maggiori entrate per la città e lo sviluppo del mercato nazionale e internazionale portò ad un suo rapido sviluppo nel XIX secolo¹. Per risolvere il problema del crescente numero di fabbriche e la necessità di nuovi quartieri residenziali, il governo della città aveva bisogno di un nuovo piano di sviluppo urbano. Nel 1884 il piano Beruto fu completato e i suoi criteri furono applicati a nuovi quartieri: la geometria centrale della città non era stata modificata, creando strade ad anello per collegare le vie storiche radiali. Questo piano forniva alla città una possibile via di espansione infinita, limitata solo dalla cintura ferroviaria che ne legava lo sviluppo. In effetti, il sistema ferroviario cresceva parallelamente allo sviluppo della città, con la costruzione di nuove ferrovie e stazioni. Lo sviluppo della

rete ferroviaria italiana iniziò intorno al 1840², 15 anni dopo l'inaugurazione della prima ferrovia nel Regno Unito³. Nel 1861, subito dopo la nascita della Nazione italiana, tutte le città principali del Nord Italia erano collegate dalle ferrovie, che oltrepassavano anche il confine austriaco.

La prima ferrovia di Milano fu costruita nel 1840 e collegava la città con Monza, garantendo una connessione con i ricchi paesi del Nord. La stazione fu costruita fuori le mura cittadine, nei pressi di Porta Nuova, ma nel 1850 fu trasferita in Via Melchiorre Gioia. Questa stazione più grande fu utilizzata nel 1859 per creare una nuova rete ferrovia in direzione di Torino.

Nel 1857 la costruzione di una nuova stazione sul confine est a Porta Tosa generò un collegamento con Venezia e, nel 1861, con Piacenza e Pavia.

Per gestire questa espansione del mercato venne realizzata una stazione centrale che collegava le due stazioni originarie con il centro della città. La costruzione della

nuova stazione nel 1864 modificò il vecchio assetto urbano, con la creazione di Via Turati che consentì un collegamento diretto con il centro. L'espansione della città in campagna rese necessaria una modifica del sistema ferroviario, ma il piano Beruto non ebbe efficacia. Il piano si limitava a fissare la posizione dei nuovi scali merci, replicando la stessa geometria urbana alle periferie. Con il tempo, il piano Beruto ha mostrato i suoi limiti⁴. Le tangenziali non sono bastate a ridurre il traffico nel centro, causato principalmente dagli spostamenti quotidiani dei lavoratori, aggravato dalla mancanza di mezzi pubblici. Lo sviluppo delle ferrovie e degli scali merci ha creato una separazione con la periferia, che ha iniziato a crescere senza seguire il piano previsto. Per risolvere queste problematiche nel 1909 il governo della città promosse la creazione

di un nuovo piano urbano. Il progetto Pavia-Masera ha portato alla costruzione di una nuova stazione centrale, allontanata dal centro cittadino ma collegata ad esso tramite un ampio viale. Questa nuova stazione ha permesso di spostare la cintura ferroviaria, ripristinando il collegamento con la periferia nord-orientale. Lo stesso problema è stato risolto anche sul lato Ovest della città, quando il miglioramento di Scalo Farini ha consentito lo smantellamento dello scalo merci del Sempione alle spalle del castello Sforzesco e delle relative rotaie. La guerra mondiale del 1916 e l'epidemia del 1918 bloccarono l'espansione della città. I seguenti piani urbanistici (1934, 1953, 1976) non riuscirono a risolvere le problematiche.

L'avvento della prefabbricazione ha portato alla costruzione del quartiere residenziale del dopoguerra, al fine di risolvere il

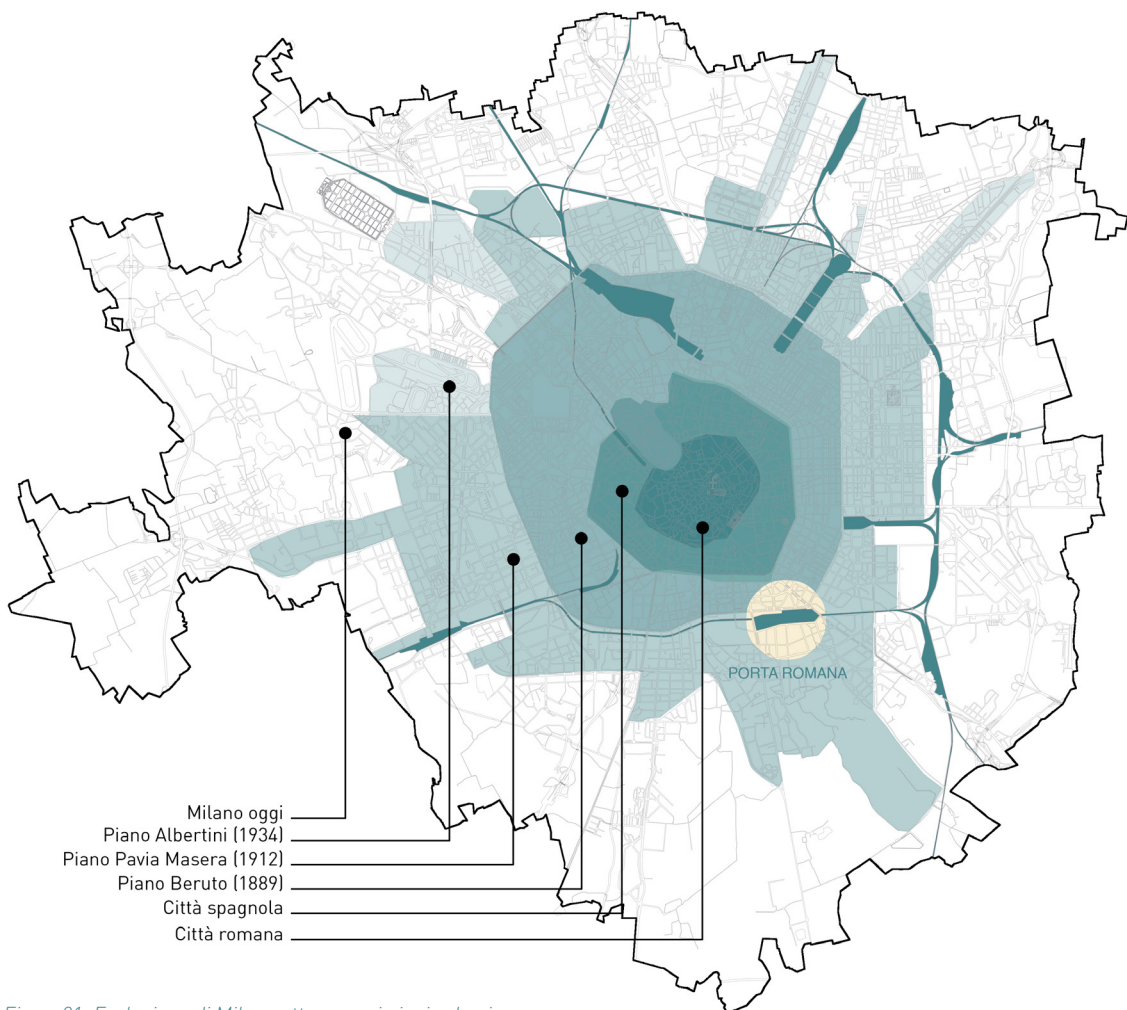


Figura01: Evoluzione di Milano attraverso i piani urbani

più rapidamente possibile l'emergenza demografica causata dal "boom" economico. Questa rapida espansione della città non era controllata da un vero e proprio piano urbanistico, si venne così a creare una realtà frammentata in cui i nuovi quartieri risultavano separati dal centro.

Mentre la prevalenza di ragioni economiche sulla pianificazione urbana era evidente, il trasporto pubblico è riuscito a essere migliorato.

La realizzazione della metropolitana e del Passante, un collegamento diretto tra le stazioni Ovest ed Est, hanno garantito una buona connessione con tutta la città.

Inoltre, alla fine del secolo, il governo della città ha avviato un nuovo programma di restauro del centro cittadino. La nuova filosofia è stata quella di ripristinare e migliorare i vecchi edifici, evitando il processo

di demolizione.

Nella stessa direzione è andato il PGT (Piano di governo del territorio), introdotto nel 2009 per dotare la città di uno strumento flessibile di pianificazione urbana. Infatti, il ripristino di aree industriali abbandonate e l'introduzione del verde urbano sono state le linee guida fornite dal governo della città.

Il programma di ripristino dei vecchi scali merci si sta muovendo in questa direzione. Sette grandi aree inutilizzate a ridosso del centro cittadino ad alto potenziale in una nuova visione dell'urbanistica. La speranza è che questi progetti siano in grado di colmare le lacune create dalle infrastrutture ferroviarie, migliorando i collegamenti e le infrastrutture urbane globali. Il governo ha già indetto concorsi per i progetti di queste zone, come Scalo di Porta Romana.

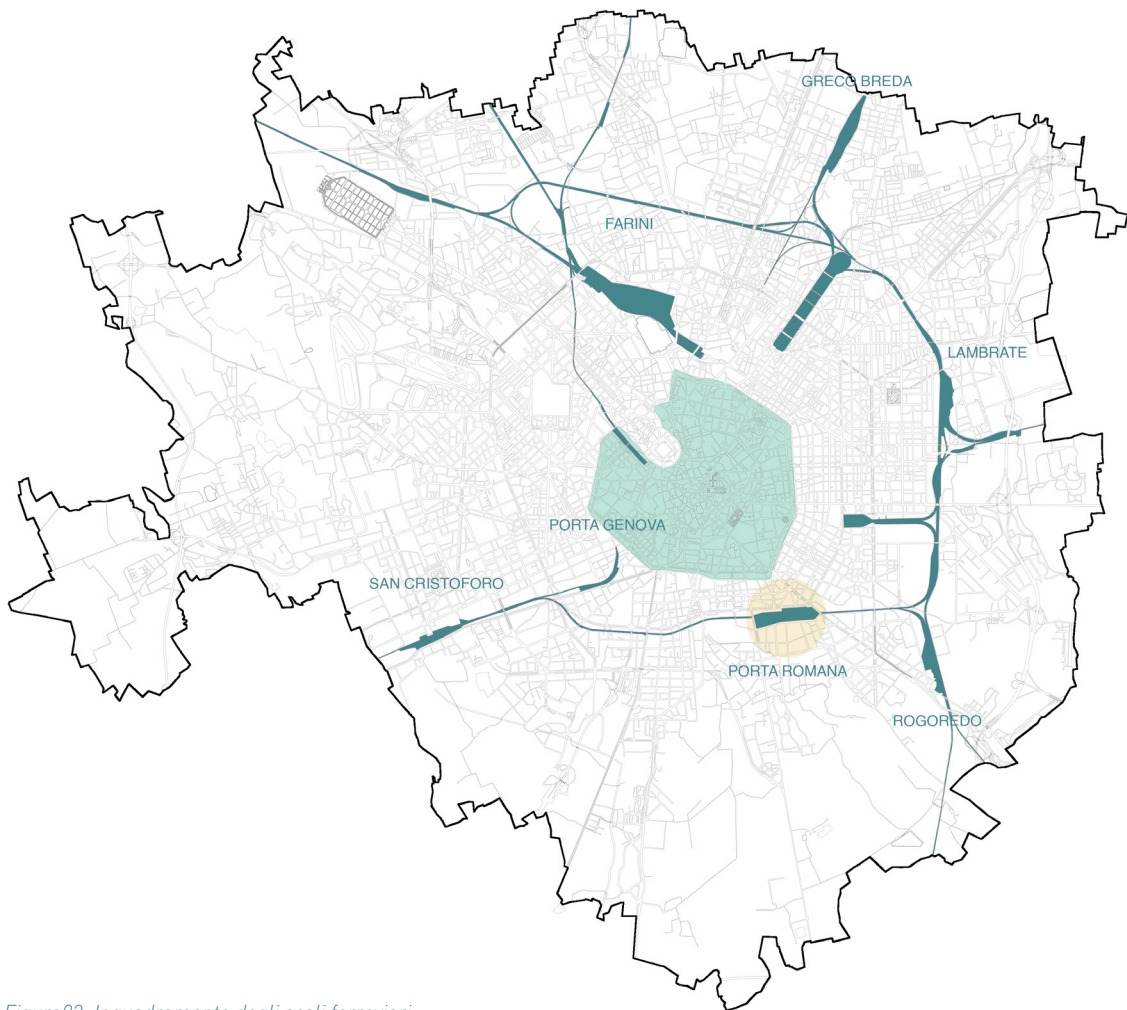


Figura02: Inquadramento degli scali ferroviari

STORIA DEL QUARTIERE DI PORTA ROMANA

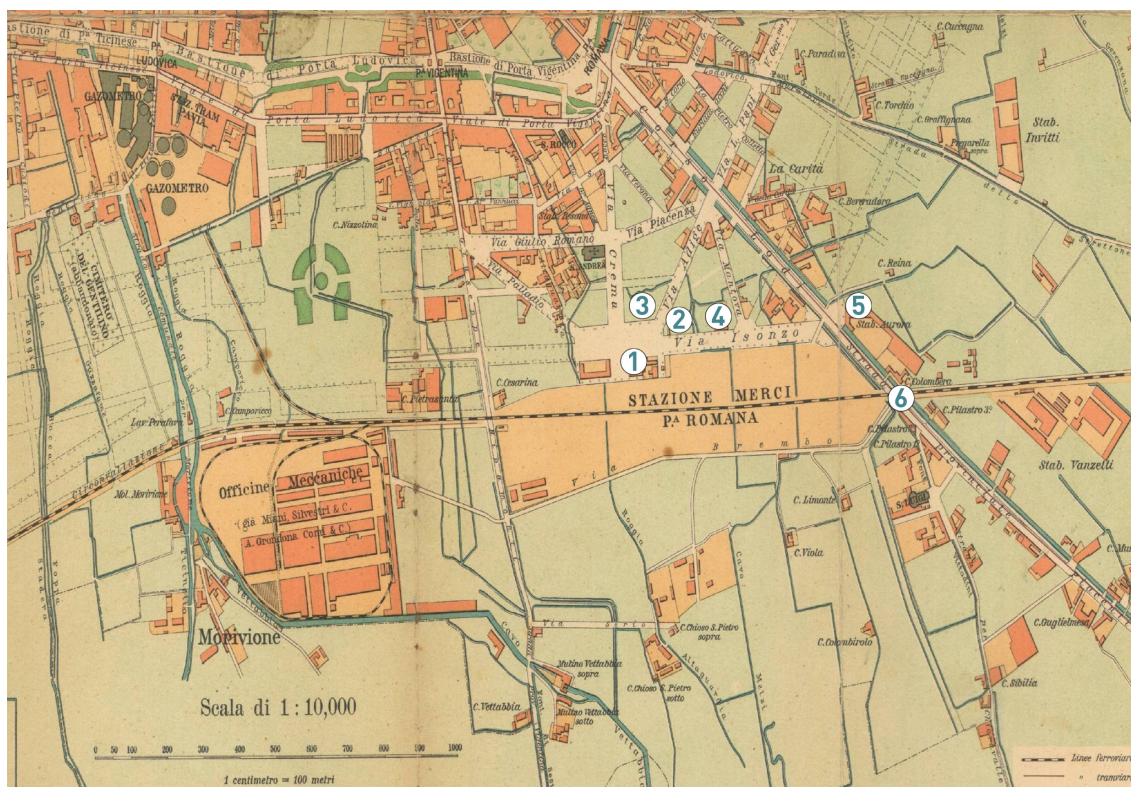


Figura03: Quartiere di Porta Romana mappa della Guida Savallo, 1906

All'inizio del Novecento il quartiere di Porta Romana si espanse nella pianura compresa tra la cerchia dei Bastioni, la roggia Vettabbia e il Redefossi.

È stato un vero e proprio cantiere di modernità, con molini, officine, ciminiere e ferrovia, il quartiere ha mantenuto la sua fisionomia sino agli anni Settanta, quando l'espansione delle aree residenziali e i processi di deindustrializzazione ne hanno modificato l'aspetto.

1. Centrale AEM di piazza Trento

Piazza Trento, 13

Costruita a partire dal 1903 su progetto dell'ing. Tito Gonzales, la centrale termoelettrica municipale di piazza Trento fu inaugurata il 30 giugno 1905 allo scopo di fornire elettricità alla città di Milano contrastando il monopolio privato della Società Edison. Nel 1910, contestualmente all'avvio dell'impianto idroelettrico di Grosotto in Valtellina, a fianco della sala macchine

fu edificata una monumentale stazione ricevitrice, ancora oggi ben conservata. Simbolo della crescita industriale della città, la centrale e le sue tre alte ciminiere furono più volte ritratte da Umberto Boccioni in diverse opere coeve. Dismesso nel 1952, oggi l'edificio continua a svolgere la sua funzione di sottostazione e custodisce al suo interno l'archivio storico fotografico della Fondazione AEM.

2. Casa di Umberto Boccioni

Via Adige, 23

Seconda dimora milanese di Umberto Boccioni (dal 1909 al 1912), dal balcone del primo piano di via Adige 23 il pittore futurista ammirò la crescita ed il repentino sviluppo della Milano industriale, raffigurando le ciminiere (demolite nel 1952) della centrale municipale di piazza Trento in tre sue celebri opere: Officine a Porta Romana (1910), La strada entra nella casa (1911) e Materia (1912-'13).

3. Ex Molino Besozzi Marzoli

Via Adige, 20

Edificato tra il 1911 e il 1912, l'ex Molino Besozzi Marzoli rappresenta uno dei tanti edifici industriali sorti all'inizio del Novecento nelle vicinanze dello scalo ferroviario di Porta Romana e oggi riconvertiti a funzioni residenziali e terziarie. Rappresentato da Boccioni, il fabbricato, più volte rimaneggiato, conserva parte del suo aspetto originario sul fronte di via Adige.

4. Ex Molino Verga

Viale Isonzo, 14

Sorto nei primi anni del Novecento all'incrocio tra viale Isonzo e via Mantova, oggi il Molino Verga è stato riconvertito a funzioni alberghiere e, seppur abbia subito diversi interventi di ristrutturazione, è uno degli edifici industriali meglio conservati del quartiere.

5. Ex Tecnomasio Italiano Brown Boveri (TIBB)

Piazzale Lodi, 3

Dopo la fusione nel 1903 con l'impresa svizzera Brown Boveri, il Tecnomasio Italiano ampliò nel 1909 il suo sistema produttivo con la costruzione dello storico impianto di piazzale Lodi. Lo stabilimento nel tempo si estese fino alla ferrovia e in esso vi trovavano posto gli uffici amministrativi dell'impresa e le officine per la realizzazione dei macchinari elettromeccanici. Oggi una parte dello stabilimento è stata riqualificata e riconvertita a sede di uffici e a funzioni commerciali, mentre alcuni capannoni sono stati abbattuti per fare posto all'edilizia residenziale.

6. Scalo merci e stazione ferroviaria di Porta Romana

Ponte di San Luigi, corso Lodi

Inaugurato nel 1891, lo scalo ferroviario di Porta Romana costituì uno dei cuori pulsanti dell'industria milanese, fornendo materie prime e approvvigionamenti alle numerose fabbriche e officine del quartiere. La stazione di Porta Romana oggi fa parte del Passante ferroviario milanese, mentre l'area dismessa dello scalo è in attesa di una sua precisa valorizzazione⁵.

ANALISI DEMOGRAFICA

Negli ultimi anni Milano ha vissuto un enorme fenomeno di crescita demografica. Se fino a qualche anno fa le persone tendevano a spostarsi dalla città all'ambiente circostante, alla ricerca di migliori condizioni di vita legate alla qualità della vita, dal 2003 si è assistito ad una tendenza opposta. Salari più alti, un ambiente di vita sempre più buono e l'immigrazione hanno contribuito a far crescere la popolazione urbana.

Come evidenziato dai dati Istat la popolazione di Milano è cresciuta di 72000 abitanti nell'ultimo decennio. Questo potrebbe sembrare strano se confrontato con le tendenze di nascite e morti nell'ultimo decennio. Se nel 2007 sono nate e morte circa 13000 persone nello stesso anno, oggi la differenza tra nascite e morti è di circa 3000 persone all'anno. La tendenza mostra anche come questa situazione dovrebbe peggiorare in futuro.

Il motivo è nella migrazione verso la città metropolitana. Infatti ogni anno dal 2009 sono state registrate più persone iscritte

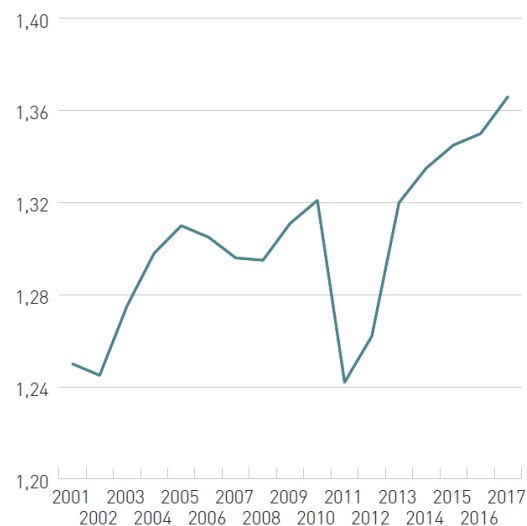


Grafico01: Trend delle persone che vivono a Milano

all'anagrafe rispetto a quelle che lo hanno lasciato. Questo flusso è alimentato sia da persone provenienti da altre città italiane sia da persone che provengono da fuori Italia, che rappresentano il 19% della popolazione totale. Il picco è stato nel 2013, in cui c'erano 65000 persone registrate in più rispetto a quelle che si sono cancellate (che erano 51000) per un

totale di 119000 persone provenienti da fuori Milano.

L'attrattiva della città può essere elencata separatamente per le diverse fasce di popolazione. Se per i lavoratori è dovuto principalmente alla crescita economica (e al benessere) che la città sta vivendo, per gli studenti è il numero degli atenei che spiccano nelle classifiche internazionali. Secondo Assolombardia Milano⁶ è cresciuta del 6,2% in quattro anni (2014-2017) ed è oggi la terza città più ricca d'Europa secondo Eurostat⁷, dopo Londra e Parigi, con un PIL di 671 miliardi di euro / anno. Il settore principale, che sta guidando la crescita economica, è quello dei servizi, cresciuto del 7,6% negli ultimi quattro anni. Grazie a questa spinta, oggi il PIL di Milano è superiore al livello pre-crisi del 3,2%, mentre la Lombardia è a -1,1% e l'Italia a -4,4%. Tuttavia è importante considerare che non tutte le città hanno la stessa produttività, e infatti ci sono alcuni quartieri, come quello di Porta Nuova, che è stato considerato, nel 2017, l'area più ricca e produttiva d'Europa in qualsiasi città.

D'altra parte, le università si stanno espandendo e stanno ottenendo sempre più riconoscimenti in tutto il mondo. Nel 2019 il Politecnico di Milano si è classificato settimo nei tre campi dell'architettura, ingegneria e design insieme, mentre la Bocconi è stata elencata all'ottavo tra le scuole di economia e finanza⁸. Le ragioni principali sono legate alla capacità di attrarre studenti e docenti internazionali, a offrire l'intero corso in lingua inglese e connettersi in modo molto efficace al mondo del lavoro, attraverso incubatori di startup o investimenti simili. Per questo il 13% della popolazione totale è composta da studenti, che contano 171000 persone che vivono in città. Il trend mostra anche qui tassi di crescita, con un aumento degli studenti del 4% tra il 2014 e il 2016.

Per questo, degli 1,5 milioni di persone che si prevede vivranno a Milano nel 2025⁹, una buona parte sarà composta da giovani o immigrati. Oltre a questi dati, l'ISTAT mostra come le nuove generazioni abbiano meno probabilità

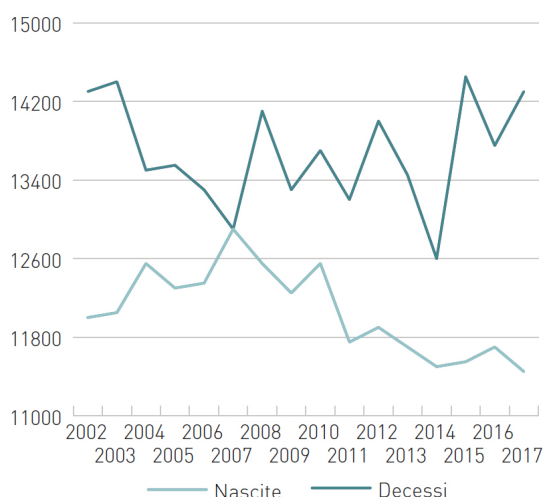


Grafico02: Trend nascite e decessi a Milano

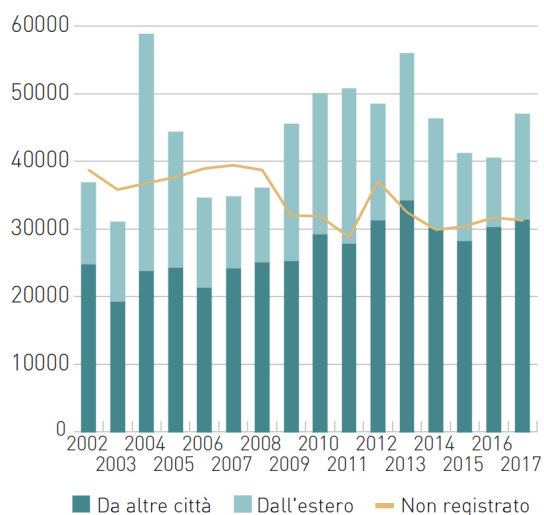


Grafico03: Tendenza dell'immigrazione dell'emigrazione

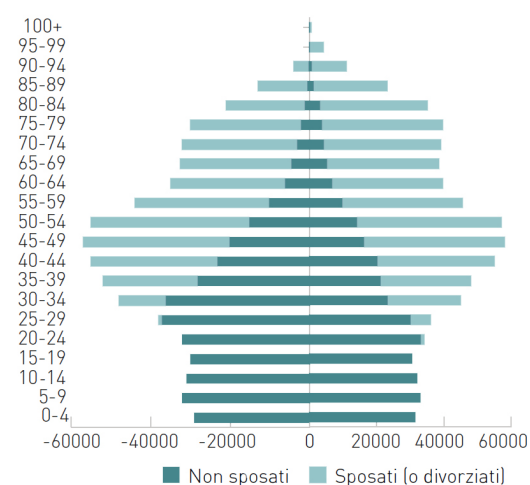


Grafico04: Età dei residenti a Milano

di sposarsi, o di andare a vivere insieme, rispetto a quelle più anziane. Questo, insieme ai prezzi elevati delle abitazioni, significa che una parte crescente della popolazione vivrà da sola e avrà bisogno di soluzioni abitative economiche. Allo stesso tempo, c'è una differenza tra il numero di giovani e anziani, con 114000 persone tra i 45 ei 49 anni e solo 56000 persone tra i 15 ei 19 anni.

Nonostante questi indicatori, l'industria edile si sta ora concentrando su edifici residenziali e uffici ad alto prezzo. Nel 2018 le vendite di case sono state del 32% in più rispetto all'anno precedente, per un totale di 1233 unità¹⁰. Ciò spinge imprese e fondi di investimento a investire ancora di più su edifici di nuova costruzione, con una crescente carenza di prezzi bassi, o sociali, alloggi.

Il sindaco, Beppe Sala, ha recentemente evidenziato la questione, sostenendo che non c'è più spazio per le grandi speculazioni abitative¹¹. Invece l'attenzione dovrebbe spostarsi verso soluzioni di edilizia sociale che offrano entrate inferiori, ma più sicure. L'edilizia sociale rappresenta oggi solo il 15% del totale degli alloggi in città, e dovrebbe essere ampliata, come già avviene in altre capitali europee. Invece, i nuovi sviluppi sono principalmente legati a edifici di alta o altissima qualità. Le zone di nuova costruzione di Porta Nuova e Quattro Torri hanno prezzi che superano i 10000 €/m², raggiungendo i prezzi del centro storico. Per il resto della città, i prezzi diminuiscono man mano che ci si sposta dal centro alla periferia. Qualcosa di simile accade al reddito medio pro capite, con più di 50000 euro/anno per le persone che vivono nel centro, fino a meno di 20000 euro/anno in periferia. Ma se questi due dati si sovrappongono più o meno, la densità della popolazione segue percorsi diversi. La maggior parte delle persone vive nella prima cintura della città, tra il centro cittadino e la periferia, con qualche piccola parte meno abitata. In questo panorama l'area di Scalo Farini ha un ruolo fondamentale, e dalle altissime potenzialità. Si trova tra zone a basso e alto reddito, ma

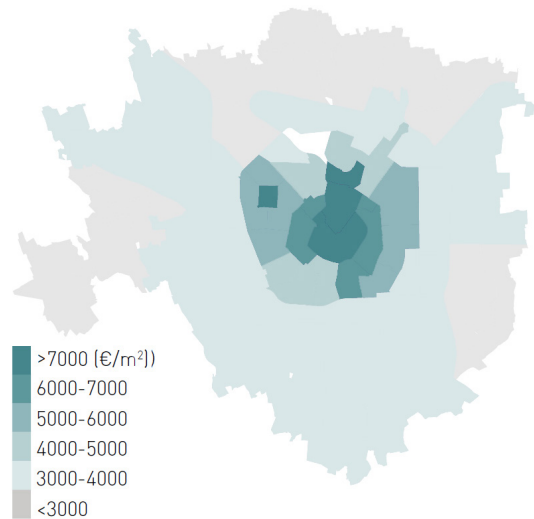


Figura04: Prezzo abitazioni al m²

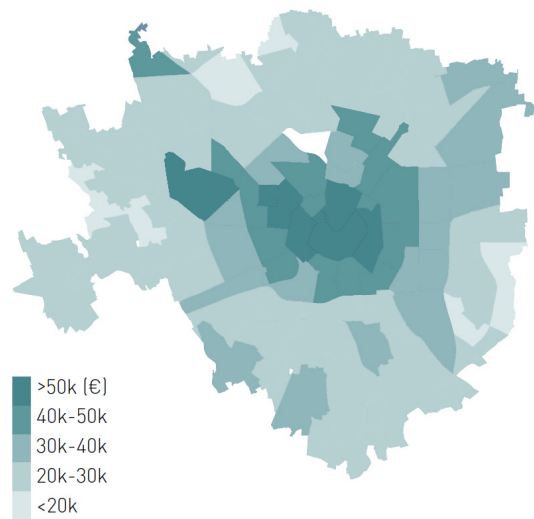


Figura05: Reddito medio annuo pro capite

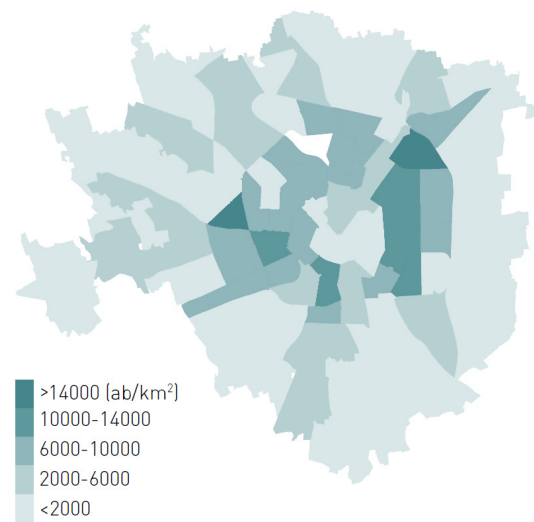


Figura06: Densità di popolazione

in un'area densamente popolata. Ciò significa che potrebbe rappresentare un fortissimo elemento di riconnessione all'interno del tessuto urbano. I suoi dintorni più vicini sono i quartieri di edilizia popolare in direzione Nord e Nord Ovest, mentre i quartieri consolidati e ricchi in direzione Sud Est e il quartiere super costoso di Porta Nuova in direzione Est. La possibilità di edificare in zona Farini potrebbe avere conseguenze molto buone o molto cattive. Da un lato, ci sarebbe la possibilità di ricolleghere finalmente il tessuto urbano dopo decenni di divisione, mescolando popolazione ad alto e medio reddito e facendole creare una nuova identità urbana.

Il rischio invece è quello della segregazione, se si sviluppa un masterplan non saggio. Mettere tutti gli alloggi sociali richiesti dal brief vicino al confine nord-occidentale dell'area, mentre gli uffici di raccolta e gli edifici residenziali di alta qualità nell'area del sud-est eviterebbero qualsiasi conflitto tra diversi tipi di popolazione. Tuttavia queste persone non si sarebbero mai incontrate e non ci sarebbe stata alcuna occasione per integrare le diverse esigenze e punti di forza. La sfida sarebbe colmare il vuoto bianco nella mappa dei redditi con un colore che rimanga al centro dell'intervallo, il che significa che l'integrazione è in corso e che la riqualificazione di quest'area potrebbe portare a uno spin-off positivo per l'ambiente circostante. Il quartiere di Dergano potrebbe mescolarsi positivamente ad aree più ricche come Mac Mahon e Cagnola, oggi prevalentemente residenziali, e che andrebbero a cercare vita sociale o servizi in altre zone della città. Scalo Farini potrebbe quindi rappresentare un buon candidato, in cui mix sociale e servizi troverebbero posto e portare ad una vera e propria rigenerazione urbana.

CAPITOLO 3.2

ANALISI SCALO PORTA ROMANA

INQUADRAMENTO

Le analisi urbanistiche trattate in questa relazione sono state eseguite nel Comune di Milano, più precisamente nella zona dello scalo di Porta Romana. Situato a sud-est rispetto al centro cittadino, l'area si trova attualmente dismessa. Il lotto è confinato a nord dal Viale Isonzo, a sud dalle vie Giovanni Lorenzin e Brembo, a est da Corso Lodi e a ovest dalla Via Giuseppe Ripamonti. Attualmente, per la maggior parte della sua superficie, in disuso, in passato è stato un importante centro logistico per quanto riguarda la distribuzione delle merci all'interno di tutta l'area comunale. Attualmente l'area fa parte di un ampio progetto di recupero urbano comprendente tutto il vecchio sistema ferroviario¹².

Con il fine di comprendere meglio il tessuto urbano e i vari servizi presenti nelle vicinanze dell'area, sono state eseguite diverse analisi, ponendo attenzione sulle informazioni che potrebbero fornire una linea guida per la progettazione del masterplan.

Dal punto di vista viabilistico è stata

evidenziata la rete stradale, classificandola in base alla propria tipologia. Sono stati indicati inoltre i vari punti di sosta.

Si è passati ad analizzare le infrastrutture per il trasporto pubblico, nello specifico le tratte dei binari ferroviari (con relative fasce di rispetto), le fermate dei bus e delle stazioni della metropolitana.

Successivamente, sono state riportate tutte le infrastrutture rilevate inerenti alla mobilità lenta, ovvero le postazioni di bike sharing e la rete di piste ciclabili.

Si sono evidenziati gli edifici in base alle loro funzioni e ai servizi che svolgono all'interno della comunità, differenziandoli in edifici per istruzione, edifici per la cultura, per la ricerca, per lo sport e supermercati.

L'analisi precedente, per quanto riguardano gli edifici residenziali, ha portato alla classificazione del tessuto urbano, differenziandoli per antica formazione, a grana fine, media e grossa.

Sono state individuate poi tutte le aree verdi presenti all'interno della porzione di città

analizzata, differenziandole per aree verdi private, pubbliche e, dato la vicinanza a sud alla campagna milanese, le aree di verde agricolo.

Particolare attenzione è stata posta alla presenza di colonnine di ricarica per la mobilità elettrica e alla facilità di spostamento

tramite le postazioni di bike sharing in quanto sono un elemento fondamentale da analizzare per il progetto di tesi trattato a breve.

Sono di seguito riportate ulteriori analisi effettuate necessarie a comprendere le possibili funzioni future del lotto.



Figura07: Vista verso Est dalla stazione ferroviaria di Porta Romana



Figura08: Vista dello scalo di Porta Romana

ACCORDO DI PROGRAMMA

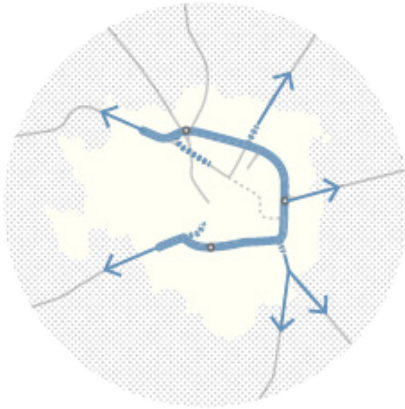
L'accordo di Programma ratificato dal Consiglio Comunale e approvato dalla Regione Lombardia nel 2017 segue l'impostazione originaria, che associava gli obiettivi di rigenerazione urbana¹³ per i sette scali ferroviari dismessi a quelli di potenziamento della struttura e del servizio ferroviario in ambito milanese. Si cerca quindi di contestualizzare il processo di rigenerazione degli scali costruendo scenari locali coerenti con una strategia complessiva di portata metropolitana.

Gli obiettivi principali del nuovo documento di Piano sono:

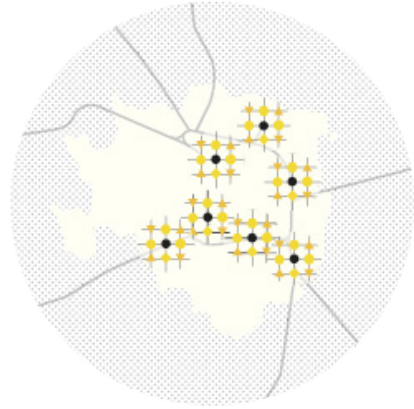
- Attrattività e inclusione: si rende necessario il rafforzamento di infrastrutture e reti, la promozione di investimenti per imprese e turismo e la creazione di nuovi modelli di sviluppo urbano.
- Rigenerazione urbana: le grandi trasformazioni urbane delle aree dismesse è alla base del rinnovamento.
- Resilienza: inteso come lo sviluppo di strategie urbane orientate alla gestione efficace dei rischi ambientali e all'adattamento ai cambiamenti climatici, approfondendo temi quali la gestione delle acque piovane, la riduzione delle emissioni e la sostenibilità delle nuove opere.
- Qualità degli spazi e dei servizi per il rilancio delle periferie: per valorizzare la città multicentrica sono fondamentali il miglioramento della qualità degli spazi pubblici e dei servizi dei quartieri.
- Semplificazione: delle procedure per l'identificazione di un nuovo modello di governance dei processi complessi.

Di seguito sono riportate le potenziali strategie da applicare al progetto urbano.

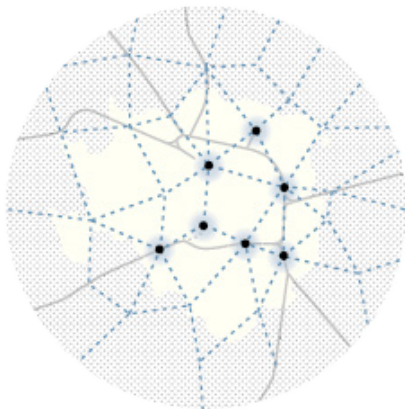
Rifunzionalizzare la cintura ferroviaria



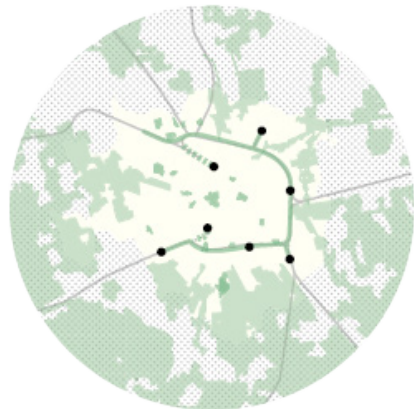
Pianificare città sostenibile



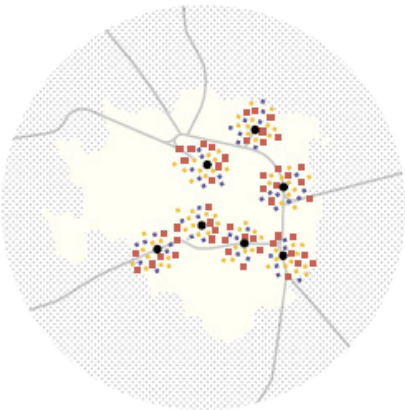
Continuità delle relazioni urbane



Verde esteso e connesso



Integrazione con i quartieri esistenti



Verde cuore della vita pubblica

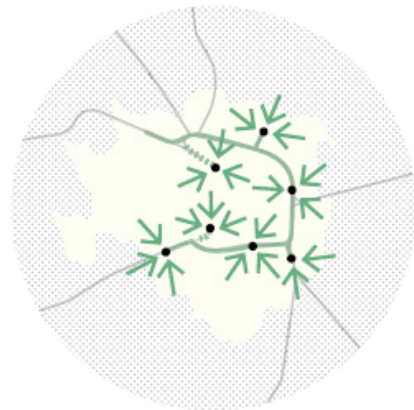


Grafico05: Potenzialità strategiche

SVILUPPO FERROVIARIO Circle Line

Lo scopo della Circle Line¹⁴ è realizzare una nuova linea di trasporto su ferro, collegando fra di loro gli ambiti periferici lungo la cintura ferroviaria, attraverso la creazione di nuove stazioni e la rifunzionalizzazione di quelle esistenti. Per garantire un'adeguata connessione ci saranno interscambi con linee ferroviarie suburbane e nazionali, in maniera tale da realizzare un sistema capillare. Per rendere accessibile la città le linee di trasporto pubblico locale intercetteranno in diversi punti la Circle Line, collegando in maniera efficace le linee di filobus, tram e metropolitana. La lunghezza totale della Circle Line sarà di 29,5 km, per migliorare le infrastrutture in aggiunta alle stazioni esistenti ne verranno costruite 5 e rifunzionalizzate 2, per implementare l'efficienza invece verranno aumentate le corse sulla linea raggiungendo standard tipici dei servizi metropolitani.



Grafico06: Frequenza di servizio attuale

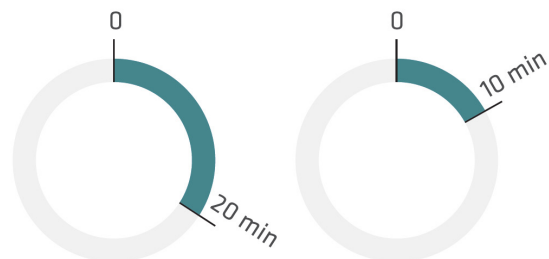


Grafico07: Frequenza di servizio in prospettiva:
Cintura Nord e Cintura Sud e Est



Figura09: Circle line degli scali milanesi

TEMA DI TESI

Mobilità Elettrica

Il progetto di tesi prevede lo sviluppo di un piano per l'area dello scalo di Porta Romana sita in Milano. Il percorso progettuale seguirà le indicazioni fornite dal futuro bando per quanto concerne la realizzazione del Villaggio Olimpico per le Olimpiadi Invernali di Milano-Cortina 2026. Verranno approfonditi temi quali l'efficienza energetica degli edifici e la gestione del surplus di energia elettrica, in particolare destinando quest'ultimo alla mobilità elettrica. Sarà quindi necessario approfondire dal punto di vista architettonico e viabilistico il quartiere in esame, oltre che sviluppare un quanto più completo e funzionale masterplan che consenta il pieno funzionamento per il Villaggio Olimpico e per la successiva funzione che accoglierà una volta terminati i Giochi Olimpici. Dai primi dati raccolti dai progetti di bando, successivamente all'accoglienza delle squadre impegnate ai giochi, gli edifici e gli spazi verranno destinati a residenze per studenti.

I temi chiave per lo sviluppo del progetto urbano sono:

- Ricucitura urbana dell'area dello scalo ora in disuso con l'inserimento del villaggio olimpico prima e in seguito di residenze per studenti
- Collegamento del verde Nord-Sud (rif. ATU 4), in particolare tramite l'interramento della linea ferroviaria per un tratto di 100 metri così da consentire nuovi collegamenti verdi
- Creazione di un collegamento a livello fra l'attuale stazione di porta romana e la stazione Lodi della linea metropolitana M3, con l'implementazione di percorsi ciclopedonali nell'area e nelle zone limitrofe
- Integrazione di servizi per la mobilità elettrica, in particolare prevedendo l'inserimento di punti di ricarica e un hub per mezzi pubblici, in previsione dell'aumento degli autobus elettrici

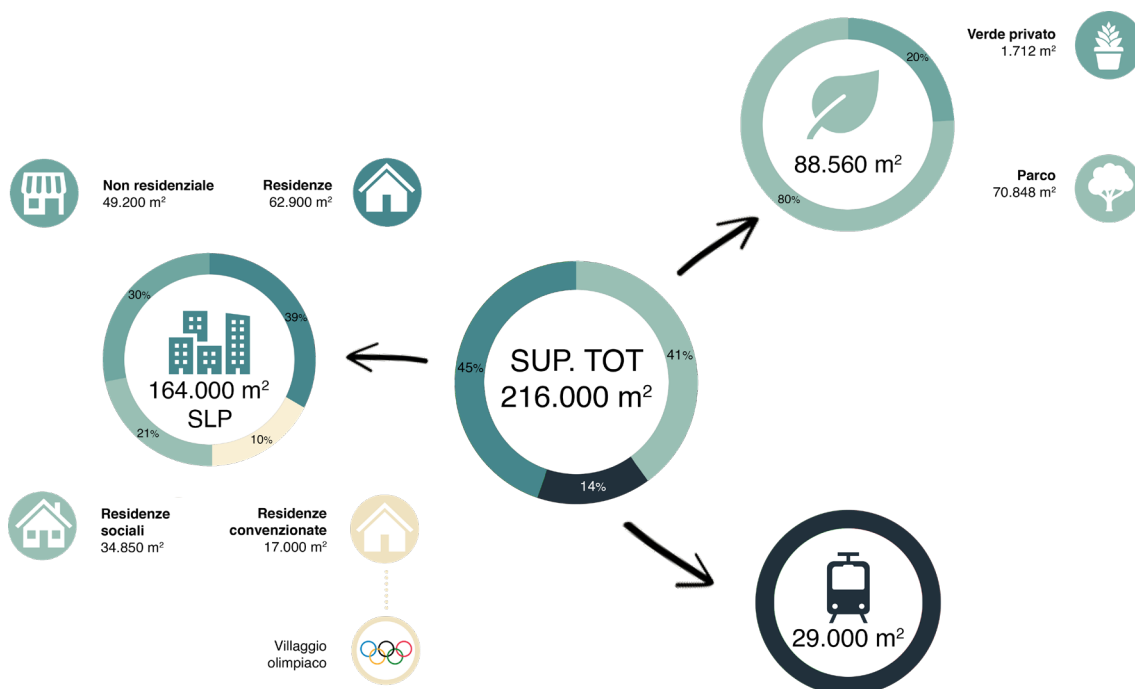
Fondamentale per la riuscita del progetto è la chiara distinzione delle funzioni che andranno a delineare le scelte progettuali:

- La linea ferroviaria s9 dovrà essere mantenuta e con essa l'attuale stazione di porta romana
- Il progetto dovrà prevedere l'abbondante presenza di verde (>40% della superficie) e la creazione di un parco pubblico
- Per la progettazione del villaggio olimpico sono previsti 1300 posti letto che, al termine delle olimpiadi, saranno convertiti in residenze per studenti. Alla funzione prettamente residenziale si affiancheranno residenze sociali, servizi e uffici al fine di creare un quartiere multifunzionale

ULTIMO MIGLIO

Negli ultimi anni, il tema dell'ultimo miglio si sta sviluppando sempre di più grazie allo sviluppo della digitalizzazione e alla nascita di nuove esigenze di trasporto. Spesso in relazione alle infrastrutture di rete o alla grande distribuzione di merci, il concetto

di "ultimo miglio" viene definito come il percorso del bene da un hub logistico alla sua destinazione finale. Tenuto conto dell'importanza che lo scalo di Porta Romana ha avuto in passato e alle nuove necessità dei cittadini, si è deciso di mutare il concetto di ultimo miglio; non ci si riferisce più al trasporto di beni, ma al trasporto di persone. Il progetto si figura un vero e proprio hub di trasporto per quanto riguarda il quartiere di Porta Romana, grazie alla presenza della metropolitana, del sistema tramviario cittadino, della stazione ferroviaria e del trasporto pubblico su gomma. Considerando i futuri sviluppi urbani e viste le importanti tematiche ambientali che si impongono sempre più sul progetto di sviluppo delle città, l'ultimo percorso offerto è quello della mobilità elettrica attraverso monopattini elettrici. Arrivati all'hub di Porta Romana, si può percorrere "l'ultimo chilometro" per raggiungere l'ufficio o la propria abitazione grazie alla presenza di una stazione di monopattini elettrici. Questa soluzione apporta una notevole diminuzione del traffico lungo le vie milanesi e consente spostamenti medio - lunghi in tempi notevolmente ridotti.

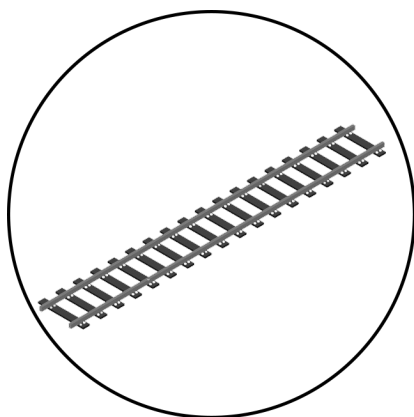


Estratto01: Divisione superfici all'interno del lotto

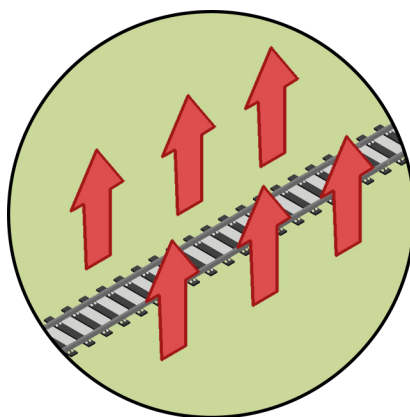
ROTAIE VERDI

La rigenerazione delle aree ferroviarie è un'occasione per aumentare in modo considerevole la dotazione complessiva di verde, requisito per il funzionamento di tali aree è la formazione di una rete ecologica continua che permetta un alto livello di connessioni e di conseguenza l'aumento della biodiversità. Il documento di visione strategica¹⁵ prevede per le aree soggette a trasformazione il 65% della superficie territoriale totale destinata a verde. In quest'ottica era stato creato il progetto Rotaie Verdi¹⁶, che consisteva nello studio sulla biodiversità presente e la fattibilità di una rete ecologica lungo la cintura ferroviaria sud. Rotaie verdi si impone quindi come strumento che riqualifica le aree urbane dismesse, le quali non devono essere più visti come tali, ma come luoghi per incrementare la resilienza urbana. Il progetto, rientrato nel bando Horizon 2020, è già stato approvato come barriera antirumore lungo i binari tra San Cristoforo e Porta Romana; i fondi a disposizione di questo intervento sono pari a 2.5 milioni di euro¹⁷.

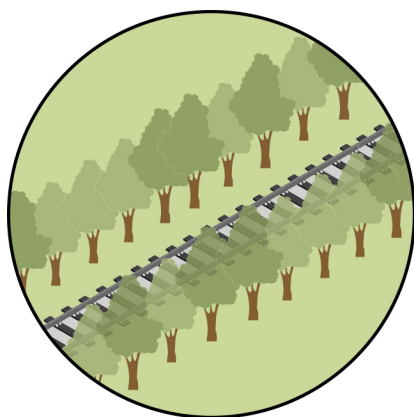
01 Rete ferroviaria



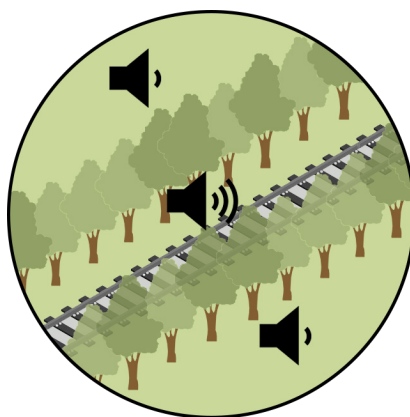
02 Integrazione del verde



03 Generazione viale alberato



04 Barriera acustica



05 Percorso sicuro

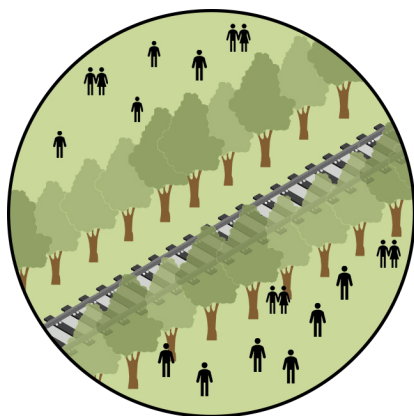


Grafico08: Concept rotaie verdi

SPAZIO DELLE RELAZIONI E INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ

INFRASTRUTTURE PER IL TRASPORTO PRIVATO

Analizzando inizialmente l'area dello scalo di Porta Romana dal punto di vista della mobilità, è facile intuire come sia fornito da una capillare rete stradale. Il lotto infatti è circondato a nord da Viale Isonzo, a est da Corso Lodi, a sud dalle vie Giovanni Lorenzini e Brembo e a ovest dalla Via Giuseppe Ripamonti. Il nodo viabilistico formato dalle vie Isonzo, Viale Umbria e Corso Lodi, è di importanza strategica in quanto permettere di raggiungere il centro città in circa dieci minuti. Lo scalo quindi si affaccia su vie di rilevante importanza per quanto riguarda la mobilità milanese. Il proseguimento di Viale Umbria permette di raggiungere Viale Forlanini e quindi di raggiungere comodamente l'aeroporto di Milano Linate. Sempre Viale Forlanini ma anche il proseguimento di Corso Lodi permettono il raggiungimento della A51 Tangenziale Est di Milano, distante circa tre chilometri. Per quanto riguarda il

fronte est, sud-est, proseguendo su Viale Isonzo, poi su Viale Tibaldi ci si immette su Viale Liguria, importante snodo autostradale dell'Autostrada A7 dei Giovi che collega la capitale lombarda con Genova. Proseguendo sul Viale Liguria, si arriva inoltre ad imboccare l'autostrada A50

Conclusioni

L'area dello scalo si trova a ridosso del primo anello della struttura viabilistica del comune di Milano. I collegamenti sopra descritti trasmettono un'elevata importanza all'area. L'anello viabilistico inoltre forma una linea astratta di separazione tra la parte di città densamente abitata e l'inizio della parte più contadina, caratterizzata da una diversa tipologia edilizia. Sono state analizzate inoltre le possibili barriere visive che impediscono la vista dall'interno del lotto sul contesto circostante. Questi impedimenti sono stati riscontrati su fronte Nord, Est e Ovest dello scalo; la ragione è dovuta alle diverse quote

del lotto ferroviario e dei cavalcavia che lo circondano, creando una sorta di intralcio visivo e a volte di accesso.

Questi scogli possono però apparire anche come un'opportunità, dato che generano una protezione naturale nei confronti dei disagi circostanti. Le barriere circoscritte al lotto dello scalo di Porta Romana possono, ad esempio, difendere l'area interna dall'inquinamento atmosferico ed acustico propagato dall'intenso traffico delle vie limitrofe.



Figura 10: Vista sul cavalcavia di Corso Lodi

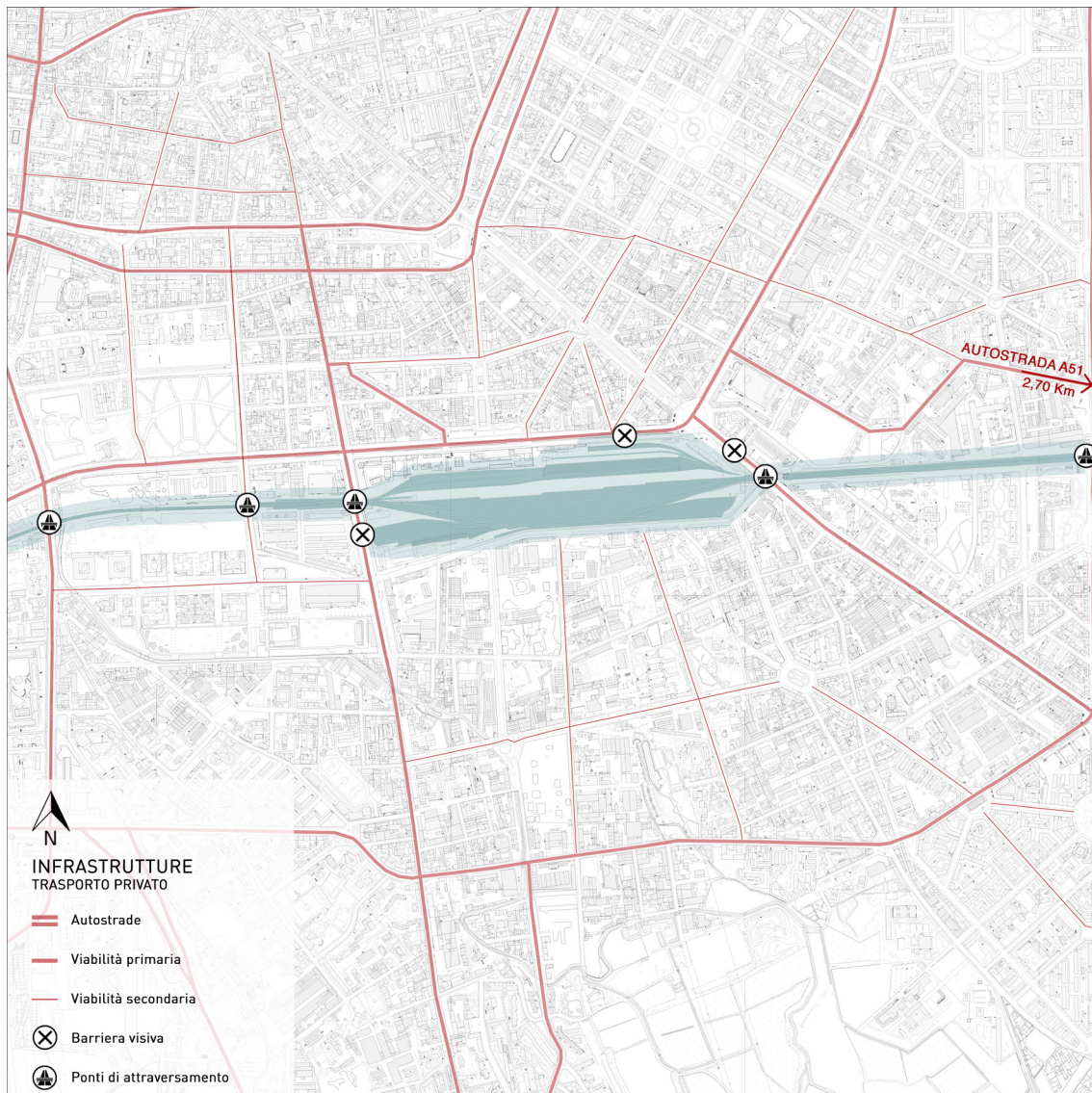


Figura 11: Analisi trasporto privato

PARCHEGGI

Anche se negli ultimi anni i nuovi servizi di mobilità cittadina permettono spostamenti veloci, economici e a basso impatto ambientale, la presenza delle aree di parcheggio è molto importante nel sistema viabilistico urbano. Le necessità di spazi riservati alla sosta nascono nel momento in cui gli utilizzatori che giungono nella città compiono degli spostamenti di lungo raggio e/o non sono raggiunti da una mobilità alternativa.

Nelle immediate vicinanze dello scalo non sono presenti numerosi parcheggi, vista anche la capienza media di 300 posti auto degli stalli vicini. Considerando il fatto che in prossimità dello scalo di Porta Romana sono presenti la stazione ferroviaria, la stazione metropolitana e numerose fermate dei bus, probabilmente la richiesta di parcheggi non è soddisfatta dai servizi attualmente presenti.

Conclusioni

La presenza di parcheggi è superiore nella parte a nord dello scalo di Porta Romana grazie al fatto che maggiormente ci si avvicina al centro città, maggiore è la necessità di autorimesse in quanto numerose abitazioni, soprattutto nei centri storici, non dispone di un riparo per il proprio veicolo.



Figura12: Milano Bligny Parking



Figura13: Autosilo Medaglie D'Oro



Figura14: Vittadini Parking

PARCHEGGI

- PM01 Vittadini Parking
- PM02 Milano-Bligny Parking
- PM03 Autosilo Medaglie d'oro
- PM04 Garage Maudo
- PM05 Parcheggio Belfriuli

- PR01 Parcheggio Via Vittore Buzzi
- PR02 Via Riva di Trento Parking



Figura 15: Analisi parcheggi

INFRASTRUTTURE TRASPORTO PUBBLICO

Passando ad esaminare le infrastrutture per il trasporto pubblico, è chiaramente riscontrabile dalla tavola allegata che l'area dello scalo di Porta Romana è ben fornita dal sistema di trasporto pubblico. Lo scalo è ancora funzionante dal punto di vista del trasporto di persone e drasticamente diminuito nel trasporto delle merci. Le linee 65, 91, 92 65, 77 prevedono fermate nei pressi dello scalo, consentendo il raggiungimento della periferia e del centro della città. La presenza della stazione della metropolitana MM3 collega la stazione di Porta Romana con la principale stazione ferroviaria della città (Milano Centrale) e con il centro città. Sono state inoltre segnalate le postazioni fisse di car sharing, le quali garantiscono lo spostamento agevolate degli utilizzatori senza utilizzare il proprio veicolo. In un'ottica di sviluppo urbanistico e tenendo conto delle nuove politiche ambientali che caratterizzano sempre più le scelte che le città devono prevedere, sono state analizzate le postazioni di ricarica per le vetture elettriche.

Conclusioni

La ferrovia, che crea un asse Est - Ovest, separa in maniera ancora più netta la divisione di tipologia edilizia tra la parte densa di città e quella con più spazi e con aree agricole. È da notare che lo scalo è stato il punto di riferimento per il trasporto delle merci per molti anni e che è ancora in uso permettendo ai cittadini dell'hinterland milanese di arrivare facilmente in un luogo comodo per il raggiungimento di uffici e centro città. Le linee degli autobus apportano un'ulteriore punto a favore per quanto riguarda la mobilità dell'area, come la stazione MM3 della linea gialla della metropolitana. Si notano invece scarsità di postazioni di ricarica per auto elettriche, forse per il non ancora sviluppato sistema e per la non completa conversione dei veicoli a combustione con quelli elettrici.



Figura 16: Stazione FS di Porta Romana



Figura 17: Fermata MM3 Porta Romana



Figura 18: Vista aerea scalo di Porta Romana



Figura 19: Tram in Porta Romana

Nella rappresentazione sottostante sono stati segnalate le tratte delle linee dei bus che prevedono fermate nelle immediate vicinanze dello scalo di Porta Romana. Invece, trattandosi di una linee di minore capillarità rispetto alla categoria precedente, i percorsi della linea tramviaria circostanti al lotto sono stati riportati nella loro totalità.

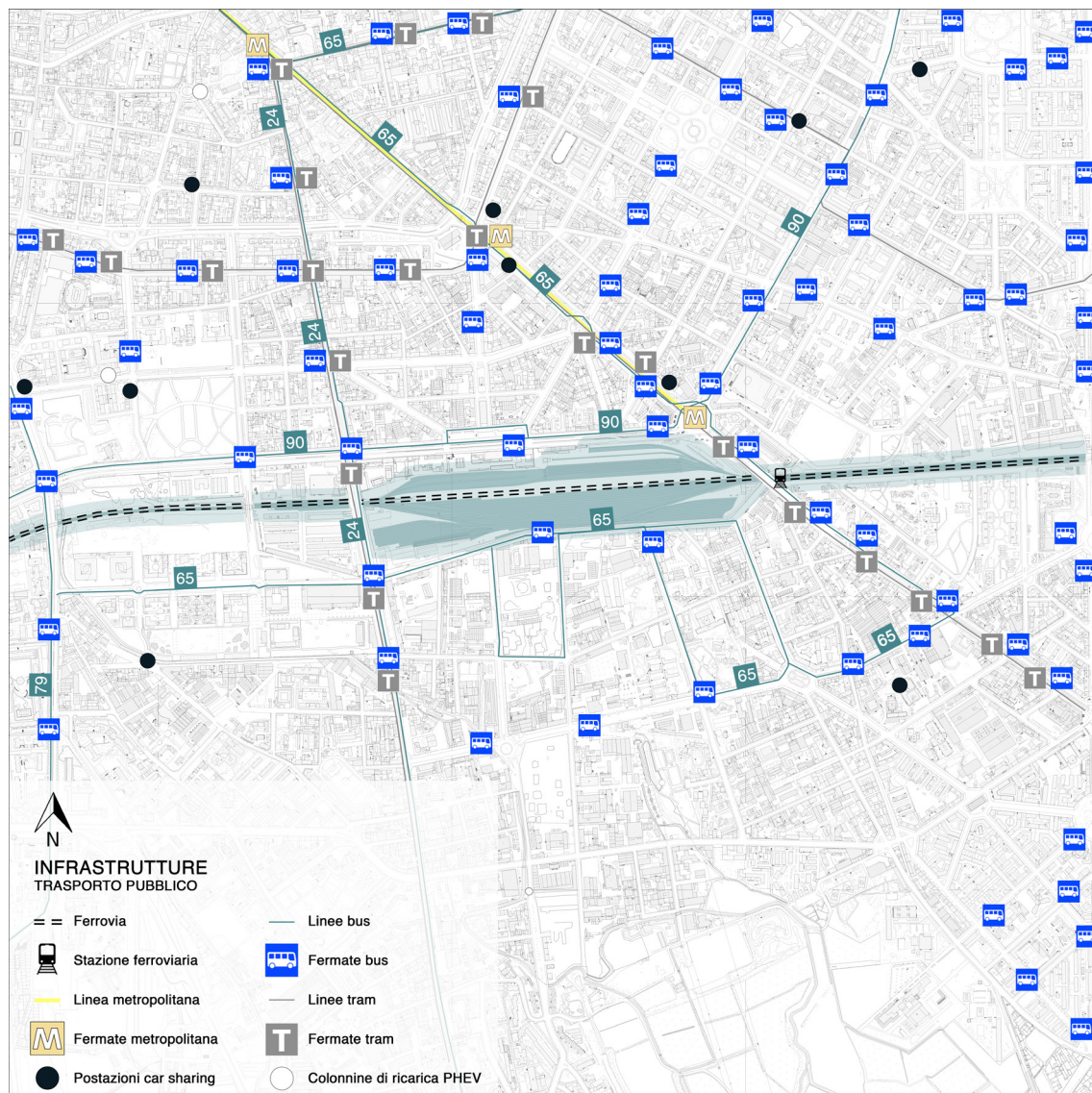


Figura20: Analisi trasporto pubblico

INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ LENTA

Con mobilità lenta, si intendono tutti i trasporti che prevedono lo spostamento mediante la forza umana. Si intendono quindi gli spostamenti a piedi e tramite biciclette. L'attenzione sull'area dello scalo di Porta Romana è stata posta per quanto riguarda le postazioni di bike sharing e la rete di piste ciclabili che la circonda. Sono state poi avanzate delle supposizioni per quanto concerne il tema dell'“ultimo miglio” inteso come ultimo percorso, solitamente a piedi, dalle varie stazioni alle possibili destinazioni raggiungibili.

Conclusioni

Come mostrato nella tavola successiva, non mancano le postazioni di bike sharing BikeMi del comune di Milano. Questo viene considerato come un punto a favore della mobilità del luogo in quanto consente il raggiungimento di destinazioni brevi dalle stazioni del treno, autobus e metropolitana. Allo stesso tempo, la rete di piste ciclabili è poco presente nei dintorni dello scalo, in quanto quest'ultimo è circondato da un'importante e intensa viabilità. Le piste ciclabili sono maggiormente affiancate alle più importanti aree verdi del contesto oppure ricavate nelle ampie aree esterne alla prima circonvallazione e quindi affiancate alle zone agricole. È presente una pista ciclabile lungo il Corso Lodi, ma si interrompe in corrispondenza dell'intersezione con Viale Umbria, perdendo di efficacia. Per quanto riguarda i percorsi pedonali, sono stati evidenziati i sottopassaggi e gli attraversamenti. Anche in questo caso, la presenza di importanti vie stradali, rende difficile l'attraversamento da un fronte all'altro. Questa difficoltà è ancora più penalizzante nel nostro caso nel quale l'area è un vero e proprio centro di movimento della città di Milano in quanto ospita numerose stazioni di vari servizi pubblici.



Figura21: Fermata BikeMi



Figura22: Itinerari ciclabili

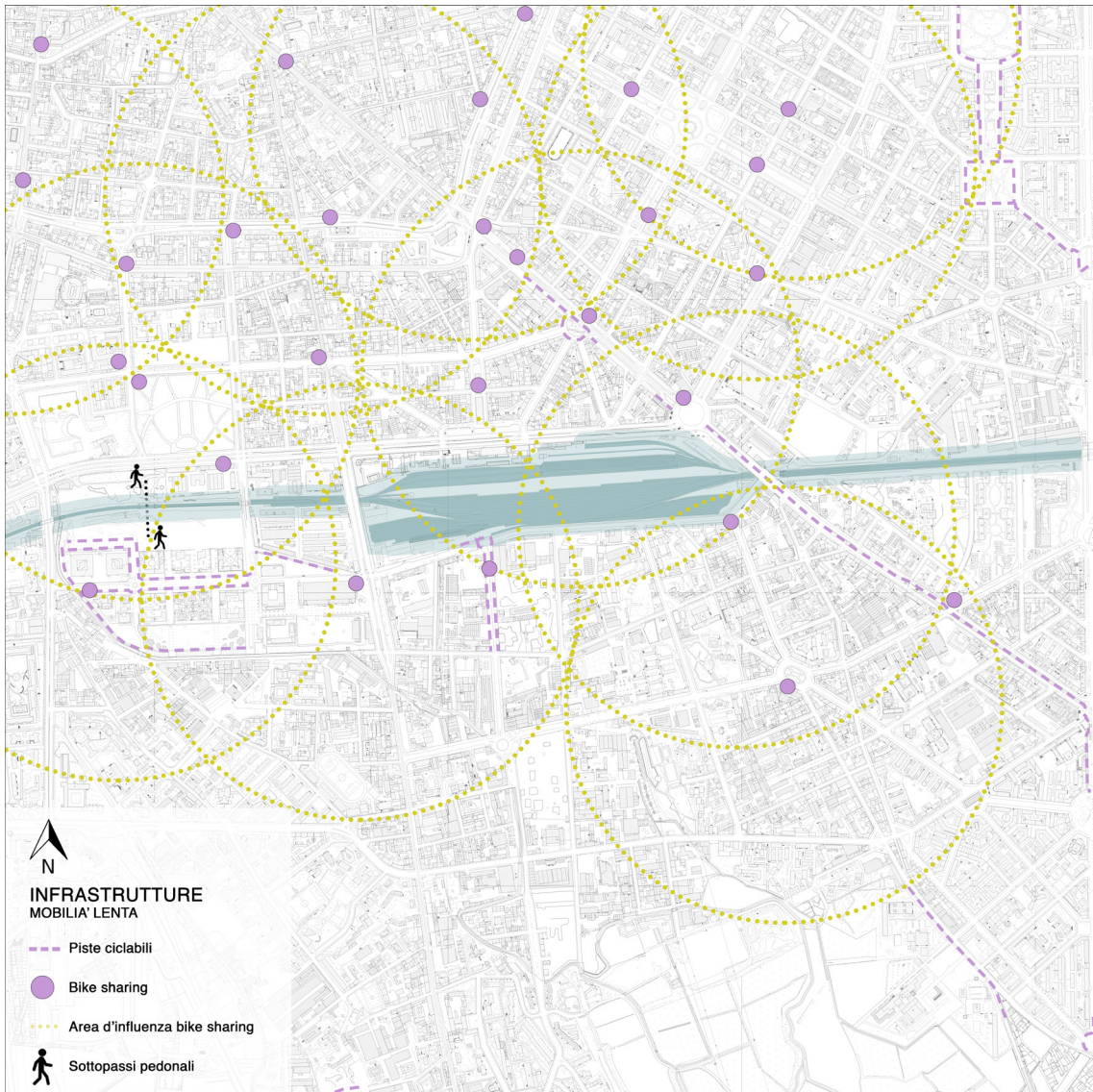


Figura23: Analisi mobilità lenta

LUOGHI PER LA CULTURA E ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE

Questa analisi effettuata è inerente ai luoghi di interesse che si trovano nel quartiere di Porta Romana. Sono stati individuati tutti quei servizi utili alla cittadinanza. Lo studio è stata eseguita in quanto attrezzature di questo tipo permettono all'area di acquisire un elevato livello di abitabilità e di lavoro.

Conclusioni

Il territorio presenta una buona distribuzione di strutture di interesse comune, sia dal punto di vista economico come CAF e poste, sia dal punto di vista socio-culturale, grazie alla presenza di numerosi teatri, biblioteche ed edifici adibiti a mostre. La presenza di questi servizi influisce in maniera positiva in quanto conferisce un valore aggiunto all'area circostante lo scalo di Porta Romana e di conseguenza un maggiore valore di mercato per l'economia immobiliare. Sono riportati in legenda i principali servizi con relativo codice e funzione per l'individuazione all'interno della città di Milano.

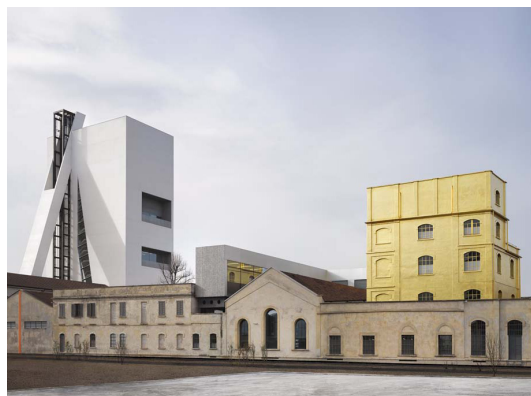


Figura24: Fondazione Prada



Figura25: Teatro Carcano



Figura26: Teatro Franco Parenti



Figura27: Criston de Cement

ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE

AC01	ATS Milano	AC10	Fondazione Prada
AC02	Teatro Carcano	AC11	Consorzio SIR
AC03	Selfin Servizi Finanziari	AC12	La piccola casa del rifugio
AC04	Biblioteca Calvairate	AC13	Teatro del Vigentino
AC05	Teatro Franco Parenti	AC14	Casa dell'Accoglienza
AC06	QC Termemilano	AC15	Cristun de Ciment
AC07	Poste Italiane	AC16	Casa per coniugi
AC08	CAF - Coldiretti	AC17	La Strada cooperativa
AC09	TRT Trasporti e Territorio	AC18	Poste Italiane

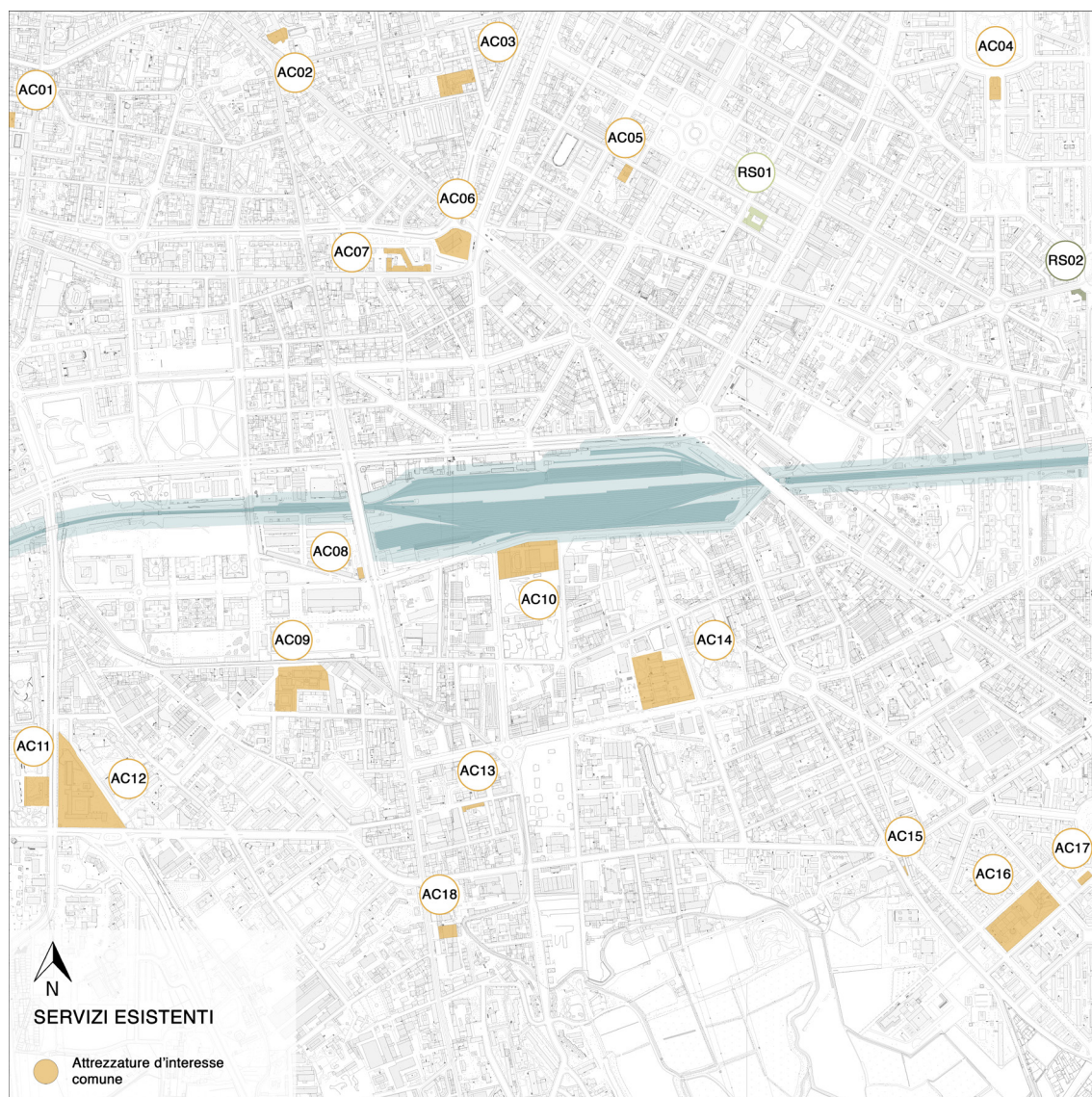


Figura28: Analisi attrezzature di interesse comune

SERVIZI PER L'ISTRUZIONE

L'analisi dei servizi per l'istruzione relativi all'area circostante dello scalo di Porta Romana ha fatto emergere una forte presenza di istituti per l'infanzia e scuole primarie e secondarie di primo grado nonché di scuole secondarie di secondo grado. La presenza di numerosi poli universitari e di centri di ricerca conferisce all'area una notevole importanza, non solo a livello cittadino, ma anche regionale e nazionale.

Conclusioni

La presenza di numerosi servizi per l'istruzione porta quindi alla presenza di city users e di residenti che ogni giorno si spostano per raggiungere i propri posti di lavoro oltre che ad aumentare la richiesta di edilizia residenziale e relativi servizi alla persona, per chi vive l'area. È riportata in legenda la classificazione secondo codice delle infrastrutture per l'istruzione nell'area circostante lo scalo di Porta Romana.



Figura29: Università Bocconi

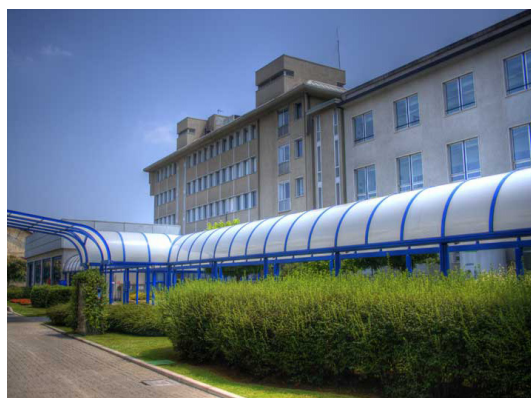


Figura30: IFOM



Figura31: Università degli studi di Milano

UNIVERSITÀ E CENTRI DI RICERCA

- SU01 IED Istituto Europeo di Design
- SU02 Università Bocconi
- SU03 Università degli studi Milano
- SU04 IFOM istituto di ricerca
- SU05 Università degli studi di Milano

SCUOLE SECONDARIE DI SECONDO GRADO

- SS01 IISS "Pietro Verri" di Milano
- SS02 Liceo Scientifico "Albert Einstein"
- SS03 Scuola Media Lombardini
- SS04 ITSOS Albe Steiner
- SS05 Scuola Secondaria "Heine"
- SS06 Istituto Magistrale "Gaetana Agnesi"
- SS07 Liceo Giovanni XXIII
- SS08 IIS Bertarelli Ferraris



Figura32: Analisi servizi per l'istruzione

ATTREZZATURE SPORTIVE

Le attrezzature sportive sono molto importanti per la città; non solo offrono un servizio ai cittadini ma sono in grado di creare interazioni con altre parti della città. La presenza e lo sviluppo di nuovi impianti sportivi è facilmente comprensibile grazie alla presenza di numerosi uffici, che ne assicurano, insieme agli altri utilizzatori, un potenziale flusso di clienti. La maggior parte degli impianti rilevati è al coperto.

Conclusioni

La scarsità di campi all'aperto o spazi aperti attrezzati è forse dettata dalla presenza di una elevata densità edilizia verso il centro della città. Si nota infatti che verso la periferia (a sud dello scalo) i servizi sportivi sono maggiori rispetto alla parte a nord. Si individua quindi la minore densità del costruito e quindi la disponibilità di spazi quale la possibile causa di questo diverso insediamento di attrezzature sportive. Nel complesso, sono state individuate numerose palestre, alcuni impianti tennistici, alcune piscine e servizi sportivi specifici per alcune discipline sportive (come boxing club, Muay Thai).



Figura33: Centro sportivo Forza e Coraggio



Figura34: Centro sportivo Savorelli



Figura35: Piscine bagni misteriosi vista frontale



Figura36: Piscine bagni misteriosi vista laterale

ATTREZZATURE SPORTIVE

Sa01	Centro Sportivo Forza e Coraggio	Sc05	Palestra New Life
Sb02	Centro Tennis Valla	Sc06	Palestra Functional Box
Sc03	Centro Sportivo Savorelli	Sc07	Muay Thai Milano
Sd04	Piscina Bagni Misteriosi	Sc08	Plus 1 Gym Concept
Sc01	Piscina Mincio	Sc09	Boxer Ursus
Sc02	Accadueò Club	Sc10	Palestra Open Club Sas
Sc03	La Wellness	Sc11	Montenero Boxing Club
Sc04	Gympass Italia	Sc12	Gym Boxing Club Milano



Figura37: Attrezzature sportive

SERVIZI SOCIALI ATTREZZATURE PER LA CURA

In questa fase della ricerca urbanistica, sono state analizzate tutti i servizi per la salute e la cura della persona. Sono stati individuati quindi ospedali, case di riposo e poliambulatori. Di notevole interesse, è presente nel circondario dello scalo di Porta Romana l'Ospedale Gaetano Pini, annoverato come una delle migliori strutture a livello nazionale per l'ortopedia e per la riabilitazione; l'Ospedale Maggiore, di rilievo nella sanità italiana e di notevole valenza architettonica e l'Ospedale Auxologico Capitanio, importante nel campo della ricerca.

Conclusioni

Si nota come le aziende sanitarie (ASL) siano localizzate al perimetro della città, mentre gli ospedali sopracitati di notevole importanza, siano presenti nelle immediate vicinanze del centro città. Nella tavola sono state contrassegnate con un colore le cliniche e le case di cura mentre con un colore diverso le Aziende Sanitarie Locali e le guardie mediche.



Figura38: Ospedale G. Pini



Figura39: Ospedale Maggiore Policlinico

ATTREZZATURE PER LA CURA

AA01	Domus Patrizia	AA07	Ospedale Uonpia
AA02	Croce d'oro Milano	AA08	ASST - Poliambulatorio
AA03	Ospedale G. Pini	AA09	ATS città di Milano
AA04	Auxologico Capitanino	AA10	ASST Sacco
AA05	Ospedale Maggiore Policlinico	AA11	Guardia Medica Recchia
AA06	Casa di riposo Mater Gratiae		



Figura40: Attrezzature per la cura

ATTREZZATURE RELIGIOSE

All'interno del territorio milanese sono presenti numerosi edifici religiosi quali parrocchie, evidenziate nella tavola seguente in arancione, in viola santuari e basiliche e in giallo chiese.

Conclusioni

La presenza delle risorse religiose è distribuita da entrambi i fronti dello scalo, maggiormente nella parte a ridosso del centro città. Questo dovuto al fatto che il centro città ospita edifici di antica formazione. Analizzando la storia dei campi santi, si è osservato che, dall'Ottocento, vi è stato un trasferimento degli spazi riservati al culto dei defunti al di fuori del centro della città, dovuto al fatto che la maggior parte dei campi santi presenti e costruiti precedentemente nelle zone periferiche delle vecchie città venivano raggiunti dalla continua espansione urbana. Necessitava quindi lo spostamento per una questione di salubrità e per liberare spazi appetibili per l'edilizia residenziale. Gli oratori, molto spesso accorpati o in prossimità delle parrocchie, sono degli elementi attrattori per quanto riguarda la popolazione giovanile.



Figura41: Basilica San Calimero



Figura42: Chiesa San Francesco Sales

ATTREZZATURE RELIGIOSE

CC01	Santa Maria della Visitazione	PA01	Basilica di San Calimero
CC02	Chiesa di Santa Maria di Paradiso	PA02	Parrocchia Santi Silvestro e Martino
CC03	Chiesa di San Francesco di Sales	PA03	Parrocchia degli Angeli Custodi
CC04	San Pio V- Santa Maria di Calvairate	PA04	Parrocchia di San Luigi Gonzaga
CC05	Chiesa di San Ferdinando	PA05	Parrocchia Ognissanti
CC06	Chiesa di Sant'Andrea	PA06	Parrocchia di San Michele Arcangelo
CC07	Chiesa Santa Maria Liberatrice	SA01	Santuario di Santa Maria Bambina
CC08	Chiesa Santa Maria Assunta	TG01	Sala del Regno Testimoni di Geova

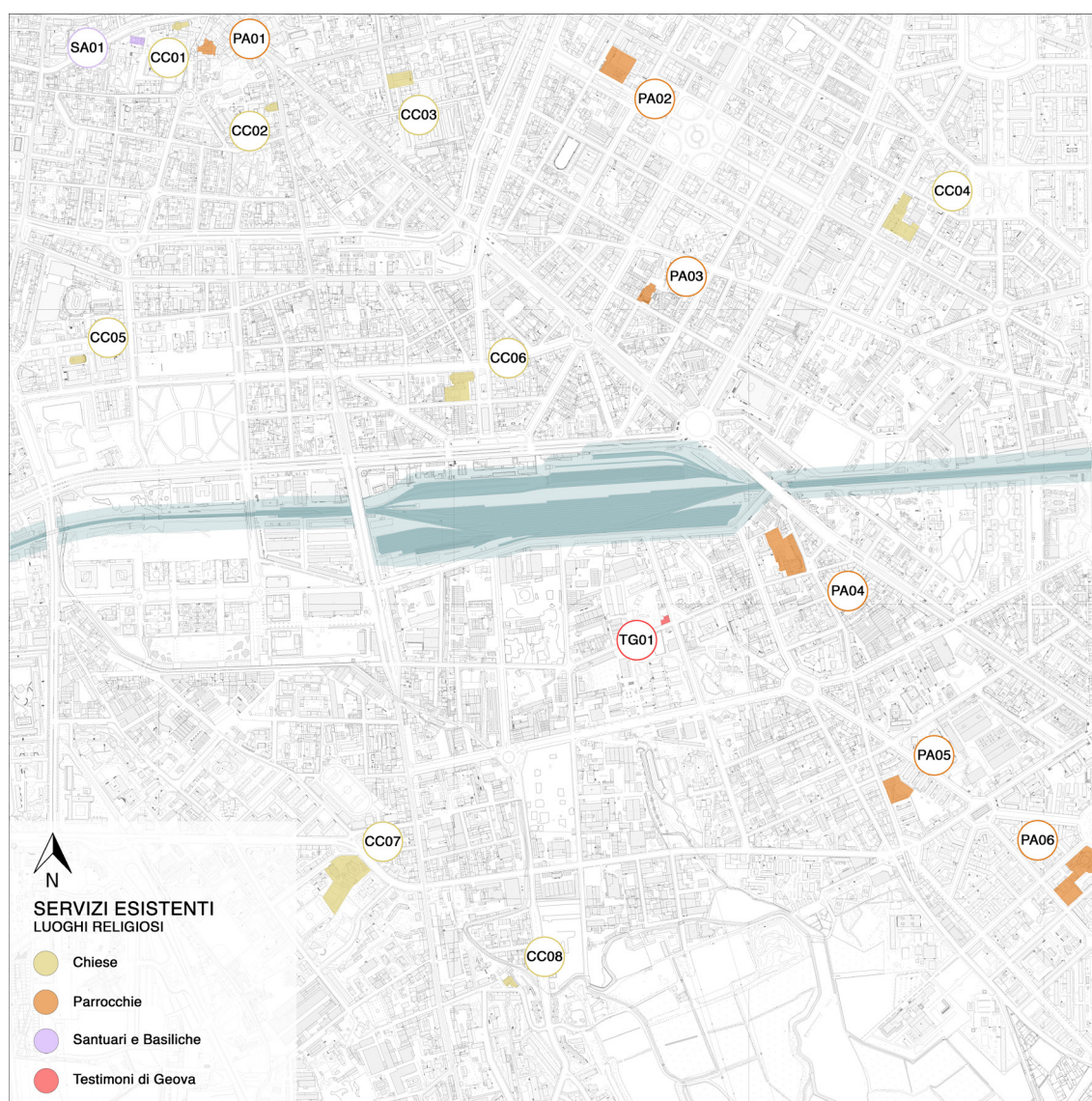


Figura43: Attrezzature religiose

AREE COMMERCIALI

L'analisi delle aree commerciali presenti all'interno dell'ambito dello scalo di Porta Romana parte da un'iniziale suddivisione tra luoghi di particolare addensamento commerciale, con edifici che presentano punti vendita al dettaglio principalmente sul fronte strada, e strutture commerciali di medio-alta grandezza. A nord dello scalo, verso il centro, sono state evidenziate tre particolari vie che presentano un elevato numero di esercizi commerciali per la vendita al minuto e al dettaglio. Le vie in oggetto sono Via Silvia Bassi con Viale Sabotino, Via Carlo Botta con Via Bergamo e Piazza Insubria con l'importante Viale Umbria. Si notano altresì la presenza radicata della grande distribuzione organizzata. Infatti nelle immediate vicinanze del lotto troviamo due grandi supermercati (Esselunga ad ovest su Via G.Ripamonti e Coop su Viale Umbria).

Conclusioni

Le strutture commerciali offrono un servizio molto importante all'interno dell'area dello scalo di Porta Romana. La sua distribuzione non è organizzata secondo uno schema preciso, ma si intensifica andando verso il centro e rimane accostata alle vie di grande flusso nella zona dello scalo.

In tavole, le aree commerciali sono state contraddistinte con un numero in base alla dimensione:

- 1) Grande distribuzione organizzata
- 2) Media distribuzione
- 3) Piccola distribuzione



Figura44: Esselunga di via Ripamonti



Figura45: Centro commerciale Piazzale Lodi



Figura46: Via Sabotino

AREE COMMERCIALI

SC01	Conad	SC09	Carrefour Market
SC02	Esselunga di Via Ripamonti	SC10	Penny Market
SC03	U2 Supermercato	SC11	LIDL
SC04	Esselunga di Viale Umbria	EC01	Via Silvia Bassi / Viale Sabotino
SC05	Coop	EC02	Via Carlo Botta / Via Bergamo
SC06	Carrefour Market	EC03	Piazza Insubria / Viale Umbria
SC07	Carrefour Market		
SC08	Conad		

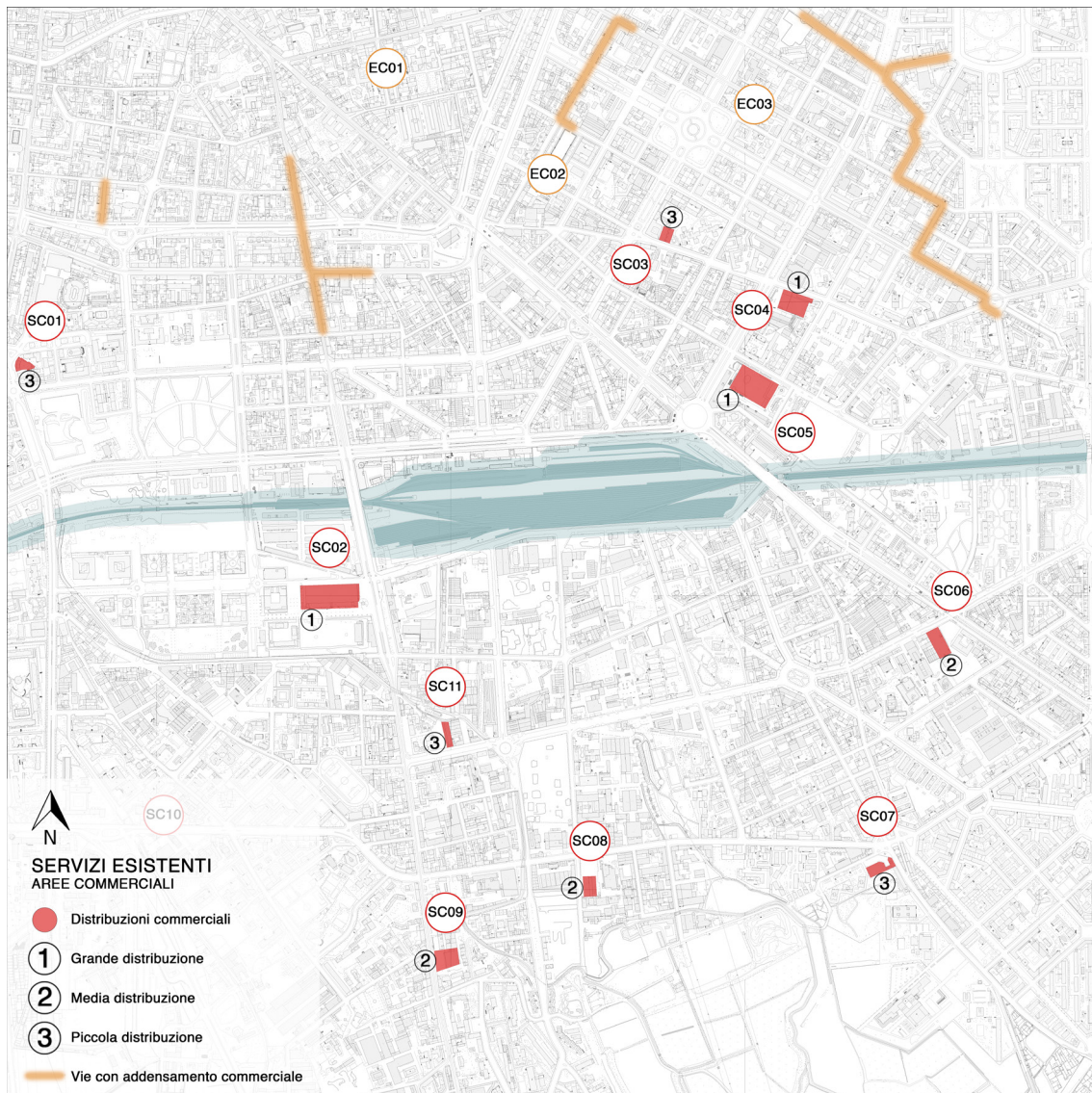


Figura47: Aree commerciali

GRANDI INTERVENTI IN REALIZZAZIONE

L'area dello scalo di Porta Romana è compresa tra due importanti progetti: Symbiosis, in fase di realizzazione e Torre A2A in fase di progettazione. Il primo prevede un complesso di edifici adibito ad uffici e co working, in grado di accogliere un numero elevato di persone. La parte retrostante a Fondazione Prada e quindi più vicina all'area dello scalo è ultimata, mentre continuano i lavori a sud del lotto. La seconda, Torre A2A, progettata dall'architetto Antonio Citterio e Patricia Viel, sarà il nuovo headquarter della società di energia A2A, già presente nell'area.

Conclusioni

Lo sviluppo di questi nuovi e innovativi progetti, forniscono una forte spinta per la riqualificazione dello scalo di Porta Romana. Come per il quartiere di City Life, per la zona di Portello e per i nuovi edifici di Garibaldi, il rinnovamento della città parte dalla periferia della città, tentando di inglobare sempre più aree interne. Anche in Porta Romana si riscontra questo tipo di intervento, partendo da sud e sviluppandosi verso nord lungo un immaginario asse verticale. L'area dello scalo, trovandosi in mezzo tra Symbiosis e Torre A2A, ha il compito di unire questi due progetti. Come descritto nell'introduzione, lo scalo è oggetto di un ambito di trasformazione urbano il quale prevede diversi collegamenti verdi da nord a sud, utili nel percorso progettuale per collegare i diversi progetti in via di sviluppo.



Figura48: Torre A2A lato Nord



Figura49: Torre A2A lato Sud



Figura50: Symbiosis Milano



Figura51: Progetto Symbiosis Milano

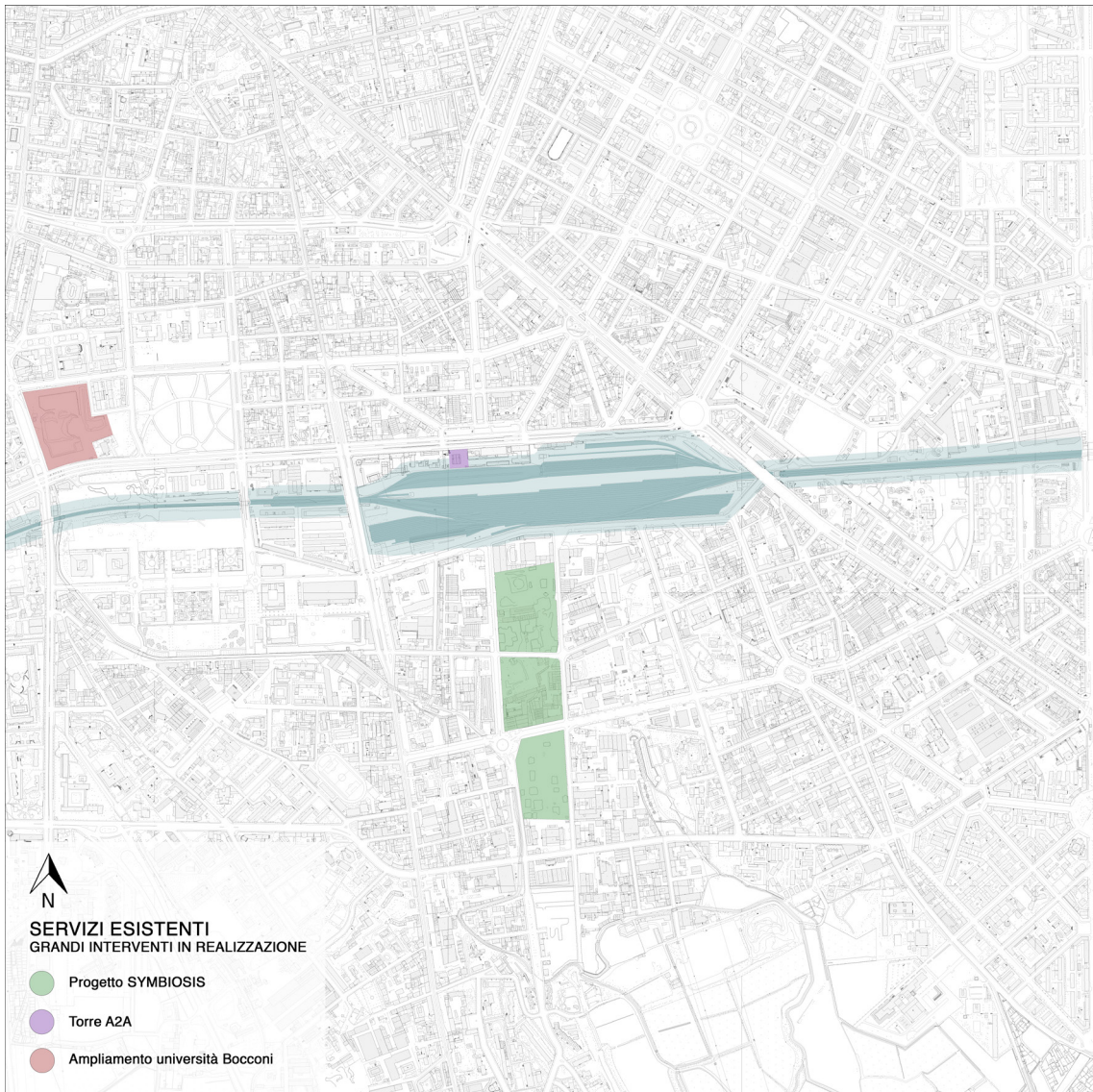


Figura52: Interventi in realizzazione

SERVIZI RICETTIVI

Pur essendo al confine tra la città e la periferia contadina della città di Milano, l'analisi delle strutture ricettive ha portato alla luce numerose attività nel settore dell'ospitalità. Come si può notare dalla carta successiva, la ferrovia e lo scalo fungono da linea separatrice tra la zona a nord, vicina al centro e maggiormente attrattiva dal punto di vista turistico, e la zona a sud dello scalo, utilizzata nel maggiore dei casi da utenti business. Infatti, scendendo sempre più a sud, ed entrando nelle zone della periferia agricola del comune di Milano, le strutture ricettive iniziano diminuiscono fino a cessare del tutto in corrispondenza dei campi da coltivazione.

Conclusioni

La presenza di alberghi di alto livello apporta un forte valore al quartiere, aumentandone il valore e portando un continuo flusso di turisti e lavoratori che utilizzano i servizi per scopi ludici e lavorativi. Da questo dato è possibile valutare l'insediamento di edifici ad uso ufficio e l'eventuale importanza di avere un luogo che accolga meeting e riunioni.



Figura53: Grand Visconti Palace



Figura54: Zambala luxury residence

STRUTTURE RICETTIVE

BB01	La residenza Isabella	BB17	Hotel Palladio
BB02	Hotel Crivi's	BB18	Grand Visconti Palace
BB03	Be Home	BB19	Best Western Hotel Major
BB04	Hotel Perugia	BB20	Hotel Piacenza
BB05	Tiaré Home Milano	BB21	Madama Hotel & Bistrot
BB06	Cirene Appartamenti	BB22	Zambala Luxury Residence
BB07	Sigiere Residence	BB23	B7
BB08	Hotel D'Este	BB24	MI Hotel
BB09	IN Hotels Milano	BB25	Hotel Apollo
BB10	Hotel Arco Romana	BB26	Hotel Garden
BB11	Hotel Five	BB27	Hotel Brenta Milano
BB12	UNA Hotels	BB28	Beo In Milano
BB13	Hotel di Porta Romana	BB29	Villa Aida
BB14	Un posto a Milano	BB30	La maison del capestrano
BB15	T'a Hotel	BB31	Hotel Rex
BB16	La casa di Lara	BB32	Hotel Alessandro

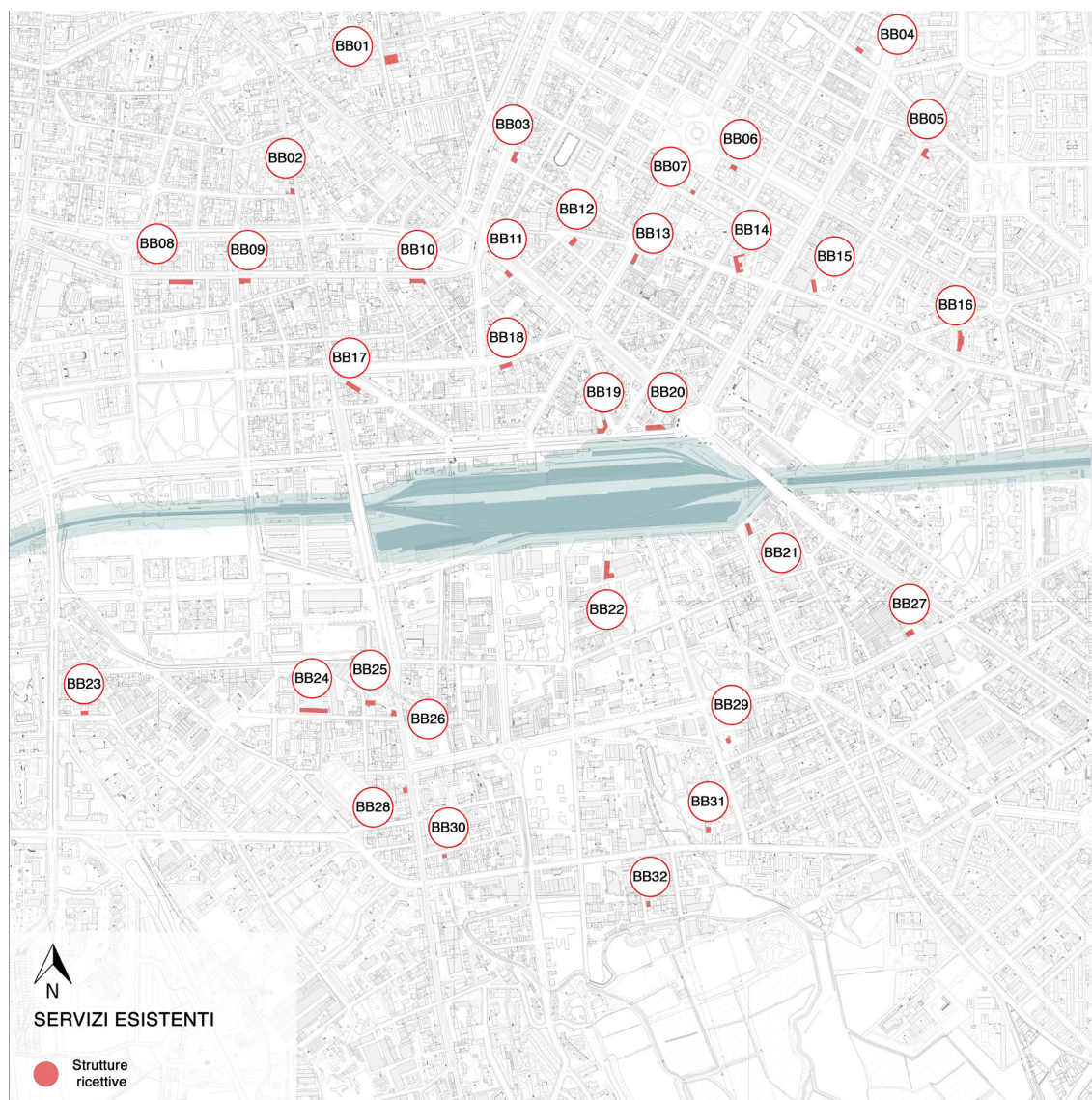


Figura55: Strutture ricettive

TESSUTO URBANO

Nell'area sotto esame risultano presenti differenti tipologie di classificazione dei tessuti urbani. La regione nord- ovest, delimitata da una linea tratteggiata di colore arancione, presenta una porzione di NAF (nucleo di antica formazione), che continua anche superiormente comprendendo il nucleo storico della città di Milano. La classe "Edificazione a grana fine" è costituita in gran parte da edifici mono o multifamiliari con lotto di pertinenza, arretri rispetto al tracciato stradale e tendenzialmente distanti tra loro, di questa tipologia fanno parte anche palazzine a blocco o in linea. Nell'elaborato sono evidenziati con un tratteggio bordeaux e localizzati per la quasi totalità nell'area del NAF. Nella classe "Edificazione a grana media" il complesso edilizio assume spesso una configurazione a corte chiusa in cui si evidenzia una copertura completa del lotto sul fronte strada, gli edifici sono spesso a contatto tra loro. In tavola sono caratterizzati da una campitura ocra e si dispongono maggiormente a corona del nucleo di antica formazione. Le aree classificabili come "Edificazione a grana grossa" corrispondono per la maggior parte a fabbricati adibiti ad attività produttive e vengono segnate nella tavola con un colore grigio. Per concludere, appartengono alla classe "Tessuto urbano ad impianto aperto" quegli insediamenti caratterizzati da edificazioni ad alta densità inserite tuttavia all'interno di un impianto planimetrico a basso rapporto di copertura. Si tratta perlopiù di sistemi lineari o a corti aperte, costituiti da elementi dalla forma rigida, come stecche, ma anche articolata. Nell'elaborato vengono campiti con un colore rossastro.

Conclusioni

Prendendo come linea di delimitazione la ferrovia è interessante notare come ci sia una distinzione netta tra le classi presenti al di sopra, verso il centro città, ed al di sotto, verso le campagne. A nord della ferrovia sono nettamente predominanti le classi di edificazione a "grana fine" ed a "grana media", avviene l'opposto a sud dove la stragrande maggioranza delle edificazioni possono essere classificate come "grana grossa" o a "impianto aperto".



Figura56: Analisi tessuto urbano

VERDE URBANO

Il comune di Milano ha la fortuna di non essere completamente sopraffatto dal cemento, ma vanta ancora una buona quantità di aree verdi pubbliche e private; la presenza degli oltre 50 parchi assicura una superficie verde del territorio comunale di circa 15 000 000 m².

Conclusioni

La posizione dello scalo di Porta Romana, che come precedentemente detto si trova a ridosso della fine della città densamente urbanizzata e della periferia, vanta la vicinanza di un numero elevato di aree verdi, soprattutto a sud, dove prendono posto vasti campi ad uso agricolo. Sul proseguimento di Viale Isonzo, verso ovest, troviamo due grandi parchi di notevole interesse per gli abitanti dell'area: il Parco della Resistenza e il Parco Alessandrina Ravizza. Di fronte a quest'ultimo, il Parco delle Memorie industriali, che occupa la ex area degli stabilimenti OM. Ad est, sulla parallela di Corso Lodi troviamo il Parco Marcello Cambia mentre su Viale Umbria il Parco Vittorio Formentano. Poco distante, nel quartiere di Calvairate, troviamo il Parco Emilio Alessandrini, di notevole superficie. Inoltre, in prossimità delle vie, sono presenti dei filari di alberi che arredano le strade, creando una barriera tra il traffico e gli edifici residenziali.



Figura57: Parco Alessandrina Ravizza



Figura58: Parco memorie industriali



Figura59: Parco Vittorio Formentano



Figura60: Parco Emilio Alessandrini

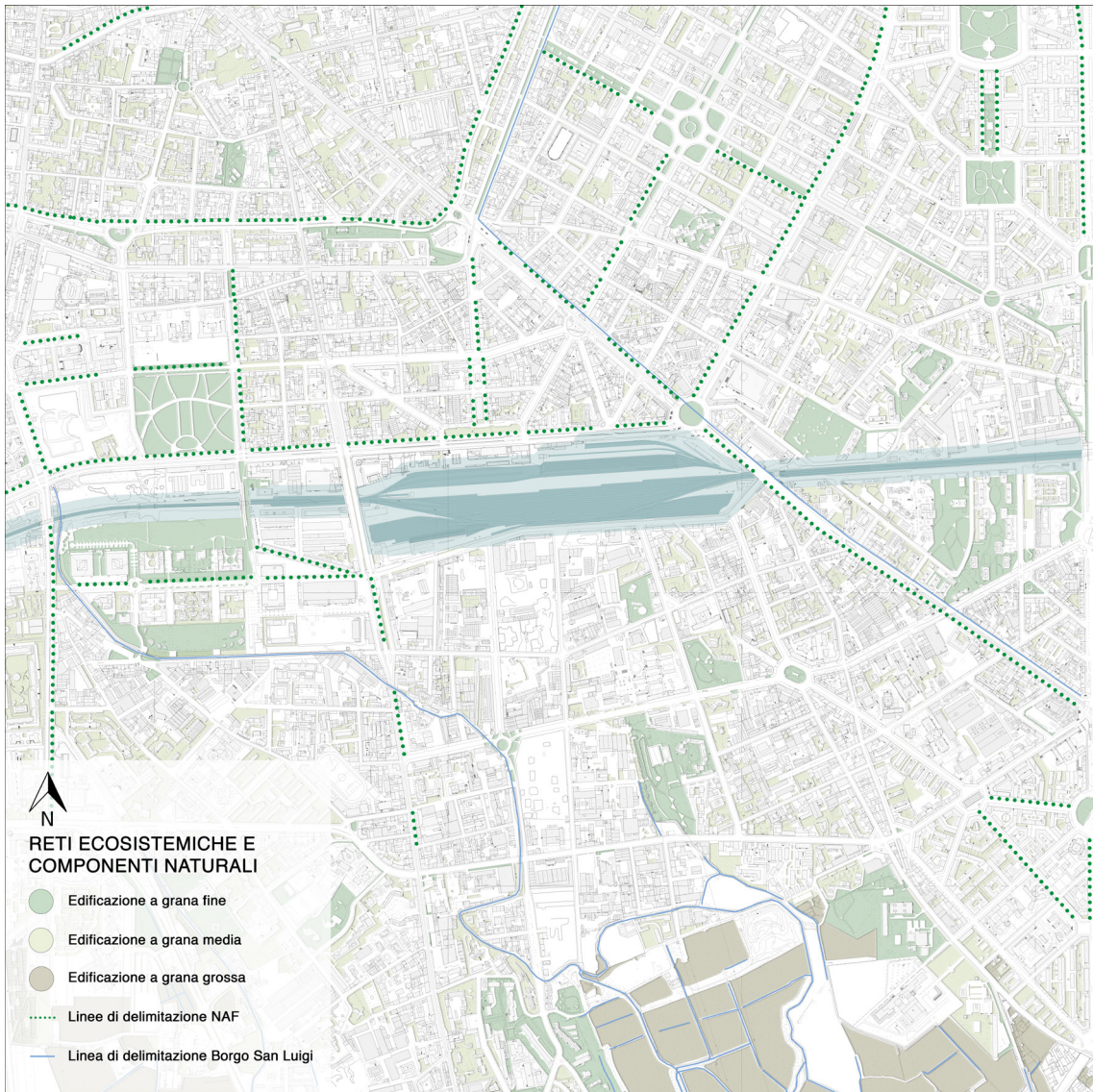
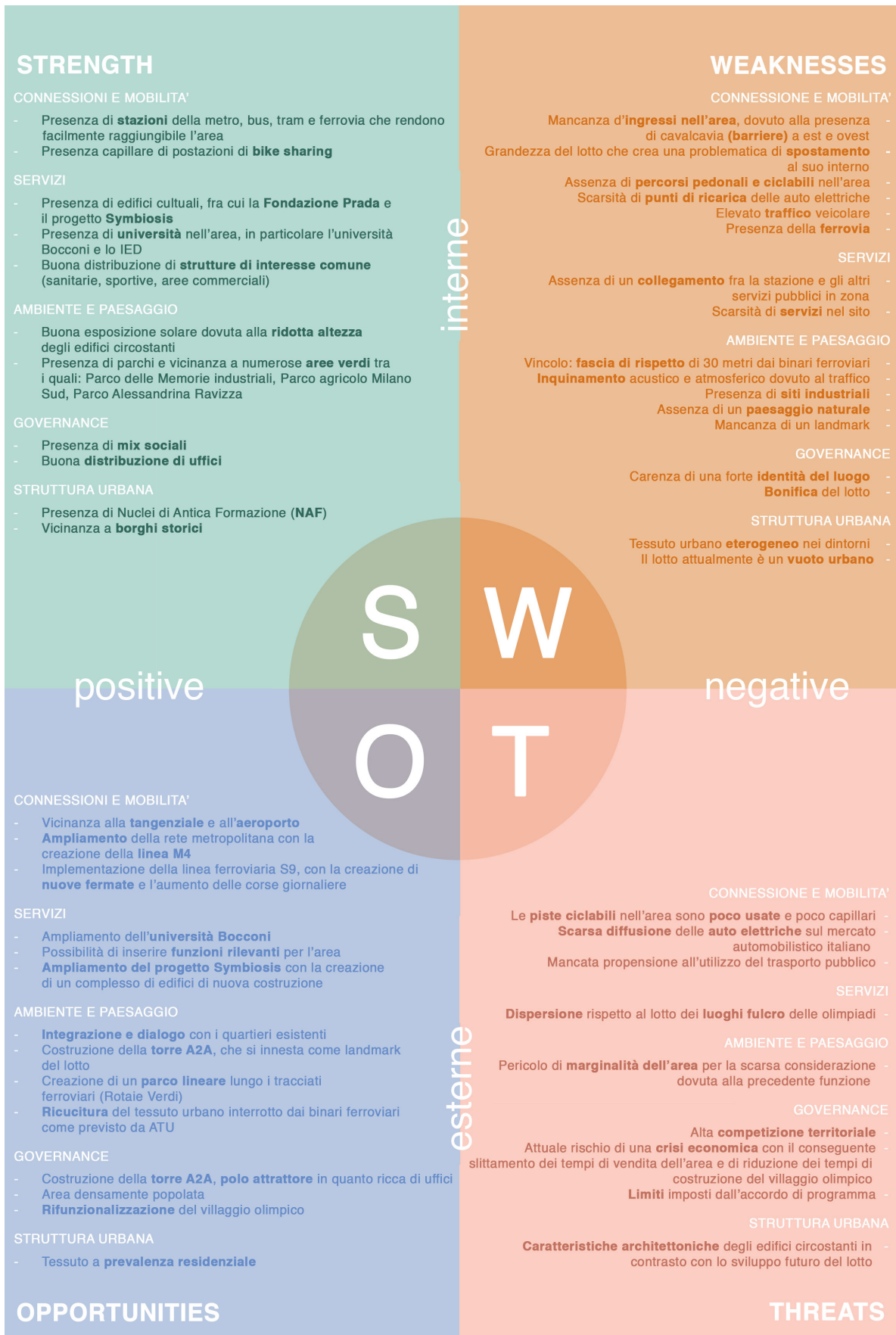


Figura61: Analisi verde urbano

ANALISI SWOT

In questo capitolo viene affrontata l'analisi SWOT necessaria al processo di redazione del concept plan e successivamente del masterplan in quanto permette di descrivere la situazione esistente e a determinarne i possibili obiettivi che il progetto deve finalizzare. La matrice di valutazione è strutturata seguendo le quattro voci principali: forze e debolezze per quanto riguardano i fattori in essere sul contesto, opportunità e minacce per i fattori esogeni. Per una più corretta e chiara organizzazione, l'analisi è stata divisa in cinque macrocategorie quali: connessioni e mobilità, servizi, ambiente e paesaggio, governance e struttura urbana.



Estratto02: Analisi SWOT

CONNESSIONI E MOBILITA'

Presenza di stazioni della metro, bus, tram e ferrovia che rendono facilmente raggiungibile l'area

La presenza di questo tipo di infrastrutture per la mobilità offre un elevato vantaggio dal punto della mobilità lenta in quanto il lotto risulta essere facilmente raggiungibili da quasi la totalità delle parti della città e permette lo smistamento dei city users o residenti senza percorrere lunghe distanze.

Presenza capillare di postazioni di bike sharing

Il bike sharing rappresenta una delle modalità di trasporto in continua crescita negli ambienti urbani. La velocità di spostamento e il basso impatto ambientale consentono il movimento nell'ultimo miglio di numerosi utenti delle stazioni della metro, ferrovia o bus.

SERVIZI

Presenza di edifici culturali, fra cui la Fondazione Prada e il progetto Symbiosis

La presenza di edifici ad alta rilevanza culturale e di valenza architettonica forniscono all'area un importante compito: trovando al confine con il centro città e la parte agricola periferica del comune, il lotto può sfruttare come punto di forza la presenza di strutture di notevole interesse come Fondazione Prada e Symbiosis.

Presenza di università nell'area, in particolare l'università Bocconi e lo IED

Le università giocano un ruolo molto importante nella decisione progettuale di un intervento; la loro presenza consente di destinare parte degli interventi a favore di edifici ad uso residenziale per studenti che, data la vicinanza, preferiranno nella scelta dell'alloggio.

Buona distribuzione di strutture di interesse comune (sanitarie, sportive, aree commerciali)

La presenza di una vasta offerta di strutture di interesse comune quali servizi sanitari, sportivi e commerciali nelle immediate vicinanze dell'area consentono un punto di forza non indifferente per quanto riguarda la vivibilità del quartiere (vicinanza a poste, banche ambulatori) e per quanto riguardano i city users che raggiungono quotidianamente l'area.

AMBIENTE E PAESAGGIO

Buona esposizione solare dovuta alla ridotta altezza degli edifici circostanti

Trovandosi al confine con la periferia della città di Milano, il lotto è circondato nella maggior parte di casi da edifici residenziali di altezza compresa tra i cinque e i sei piani. Questo favorisce una buona esposizione solare dal punto di vista di comfort per le piazze e per i nuovi edifici che insisteranno nell'area dello scalo.

Presenza di parchi e vicinanza a numerose aree verdi tra i quali: Parco delle Memorie industriali, Parco agricolo Milano Sud, Parco Alessandrina Ravizza

Le aree verdi sono un grande punto di forza in quanto creano una sorta di isola non edificate nel fitto tessuto edilizio cittadino. La presenza quindi delle utenze è favorevole in quanto tiene viva l'area circostante il lotto, creando un continuo flusso di persone e quindi potenziali utilizzatori degli spazi oggetto di progettazione.

GOVERNANCE

Presenza di mix sociali

La presenza di diverse culture in questa zona di Milano gioca a favore in quanto forma una certa flessibilità nell'incontrare cambiamenti e ad abbracciare usi e abitudini diversi dai propri.

Buona distribuzione di uffici

Gli uffici presenti nel circondario dello scalo di Porta Romana conferiscono un grande valore all'area in quanto essa è utilizzata potenzialmente da un numero costante di persone. Ne risulta quindi che le possibili attività commerciali e/o servizi alla persona che verranno realizzati nel nuovo progetto abbiano un flusso di clientela continuo.

STRUTTURA URBANA

Presenza di Nuclei di Antica Formazione (NAF)

I nuclei di antica formazione possono fornire e influenzare in maniera positiva alcune scelte architettoniche in riferimento all'edilizia che verrà ad imporsi nel lotto. Procura al circondario un possibile flusso turistico e la possibilità di collegarsi con una eventuale rete di piste ciclabili in relazione a percorsi di cultura e architettura di rilevanza.

Vicinanza a borghi storici

I borghi storici, come i nuclei di antica formazione, forniscono un appoggio dal punto di vista culturale e architettonico in quanto possibili mete di turismo e quindi di transito dall'area dello scalo.

CONNESSIONE E MOBILITA'

Mancanza d'ingressi nell'area, dovuto alla presenza di cavalcavia (barriere) a est e ovest

Analizzando il lotto nella sua totalità, è possibile notare che a est e a ovest il confine del lotto coincide con cavalcavia posti ad una differente quota rispetto quella di accesso del lotto. Questo limita i punti di accesso all'area interna.

Grandezza del lotto che crea una problematica di spostamento al suo interno

La grande dimensione del lotto (circa 1 km) genera un problema di connessione tra i fronti opposti, principalmente tra quello est e quello ovest in quanto la stazione ferroviaria e metropolitana si trovano all'estremità orientale del lotto mentre alcune fermate del bus si trovano esattamente all'opposto.

Assenza di percorsi pedonali e ciclabili nell'area

Scarsità di punti di ricarica delle auto elettriche

Elevato traffico veicolare

La vicinanza a importanti vie viabilistiche comporta la presenza di elevato traffico durante pressoché tutte le ore del giorno. Esso può risultare un punto a sfavore in quanto rende pericoloso lo spostamento lento, provocando poi elevato inquinamento nell'aria.

Presenza della ferrovia

La ferrovia, passando in mezzo al lotto, lo divide in due rendendo difficile l'attraverso in direzione verticale del lotto. Inoltre, la presenza di linee che transitano durante le prime ore del giorno, causano un elevato inquinamento acustico nell'area circostante.

SERVIZI

Assenza di un collegamento fra la stazione e gli altri servizi pubblici in zona

La stazione, essendo in posizione defilata rispetto alla totalità del lotto, è di difficile raggiungimento dalla parte ovest dell'area. Il raggiungimento di essa prevede un tratto di spostamento di notevole lunghezza, pari a tutta la distanza trasversale dello scalo.

Scarsità di servizi nel sito

All'interno dello scalo di Porta Romana attualmente non sono presenti servizi di rilevanza. È attualmente allestito uno spazio per eventi che funziona per alcuni periodi dell'anno. La mancanza di questi conferisce al sito uno stato di abbandono.

AMBIENTE E PAESAGGIO

Vincolo: fascia di rispetto di 30 metri dai binari ferroviari

Come da norma, la presenza della linea ferroviaria all'interno del lotto prevede il vincolo di mantenere una fascia di rispetto di trenta metri dall'interasse dei binari per l'eventuale aggiornamento della linea e per motivi di sicurezza. Questo limita lo sviluppo del masterplan di progetto affidando ai soli fasci superiori e inferiori il compito di accogliere le nuove utenze.

Inquinamento acustico e atmosferico dovuto al traffico

Presenza di siti industriali

Nel circondario del quartiere di Porta Romana sono presenti numerosi siti industriali in uso e in disuso. La presenza di essi crea una debolezza in relazione alla qualità architettonica del luogo e alla presenza di traffico veicolare pesante che transita dalle industrie alle vicine autostrade.

Assenza di un paesaggio naturale

Trovandoci in una città metropolitana, l'area è fortemente circondata da edifici. La parte naturale della città è circoscritta ai parchi che si trovano nelle vicinanze. Gli affacci risulteranno quindi insistenti su edifici, limitandone la qualità.

Mancanza di un landmark

STRUTTURA URBANA

Tessuto urbano eterogeneo nei dintorni

La diversa tipologia edilizia che circonda lo scalo di Porta Romana crea un tessuto eterogeneo di difficile spunto per quanto riguarda la gestione degli stili architettonici da considerare nel progetto del nuovo scalo.

Il lotto attualmente è un vuoto urbano

Come precedentemente detto, attualmente lo scalo non ricopre nessuna funzione e, per la maggior parte degli spazi, non sono presenti edifici aperti al pubblico. Questo rappresenta un grande vuoto urbano che si fa notare subito nella fitta e densa edilizia milanese.

CONNESSIONI E MOBILITA'

Vicinanza alla tangenziale e all'aeroporto

La vicinanza con una importante stazione di trasporto come l'aeroporto di Milano Linate e a varie autostrade e tangenziali permette il facile collegamento dell'area con la città di Milano e il facile raggiungimento da parte di city users provenienti da ogni parte del mondo.

Ampliamento della rete metropolitana con la creazione della linea M4

La metropolitana M4, in fase di cantiere, permetterà di raggiungere dal vicino Viale Forlanini l'aeroporto di Milano Linate, nonché la connessione con ulteriori linee della metropolitana per raggiungere la quasi totalità di quartieri della città metropolitana del comune di Milano.

Implementazione della linea ferroviaria S9, con la creazione di nuove fermate e l'aumento delle corse giornaliere

L'implementazione delle corse giornaliere della linea ferroviaria che passa nello scalo consente a più persone di transitare nel lotto e quindi va a creare un incremento di possibili clienti e utilizzatori dei servizi e delle strutture che verranno progettate nel sito.

SERVIZI

Ampliamento dell'università Bocconi

L'attuale ampliamento dell'università Bocconi ampie ancora di più il mercato delle residenze per studenti, necessitando quindi di una risposta di edifici residenziali e servizi che soddisfino la nuova domanda generata dal progetto in fase di sviluppo.

Possibilità di inserire funzioni rilevanti per l'area

L'opportunità di inserire funzioni rilevanti per l'aria è dettata dalla dimensione imponente del lotto all'interno del contesto periferico cittadino e della facilità di raggiungimento di essa. L'inserimento di funzioni che tutt'ora mancano o scarseggiano, conferisce importanza al lotto e alle aree circostanti, aumentando la qualità dei servizi e di conseguenza la quotazione del quartiere.

Ampliamento del progetto Symbiosis con la creazione di un complesso di edifici di nuova costruzione

Il maestoso progetto di Symbiosis crea diverse opportunità che il lotto dello scalo di Porta Romana può sfruttare a suo favore: gli edifici di nuova costruzione possono formare una guida architettonica per i futuri edifici insistenti nella nuova area nonché il risanamento dell'area circostante lo scalo.

AMBIENTE E PAESAGGIO

Integrazione e dialogo con i quartieri esistenti

Costruzione della torre A2A, che si innesta come landmark del lotto

Il progetto della torre A2A che previsto da realizzarsi nel fronte nord del lotto si presenta come una delle torri più alte dello skyline milanese. La sua presenza porta quindi alla creazione di un importante landmark e quindi a una opportunità per quanto riguarda il progetto dello scalo.

Creazione di un parco lineare lungo i tracciati ferroviari (Rotaie Verdi)

Il progetto denominato "Rotaie Verdi" prevede la creazione di una serie di parchi lineari lungo i tracciati delle linee ferroviarie, nel contesto del progetto di rifunionalizzazione degli scali in disuso. È quindi favorevole l'opportunità di aprire nella città una serie di vie verdi.

Ricucitura del tessuto urbano interrotto dai binari ferroviari come previsto da ATU

Come previsto da Ambito di Trasformazione Urbana, il lotto di Porta Romana accoglierà una serie di connessioni verticali che andranno a ricucire il tessuto urbano interrotto dalla linea ferroviaria e dal grande vuoto urbano che rappresenta adesso lo scalo.

GOVERNANCE

Costruzione della torre A2A, polo attrattore in quanto ricca di uffici

La torre A2A non va solo a formare un importante landmark, ma andrà ad accogliere una serie di ulteriori uffici nell'area dello scalo di Porta Romana. Sarà quindi incrementato il numero di utilizzatori giornalieri del lotto, giovando all'economia che si andrà a creare.

Area densamente popolata

L'area circostante lo scalo è densamente popolata e permette allo scalo di avere un bacino di utenza non indifferente rispetto alle altre aree della città metropolitana di Milano.

Rifunionalizzazione del villaggio olimpico

Dato che il progetto si presenta inizialmente come area ospitante il villaggio olimpico per le Olimpiadi Invernali di Milano Cortina 2026, si andrà a creare un'opportunità di rifunionalizzazione dell'area nel momento in cui le manifestazioni olimpiche cesseranno. Sarà quindi restituita alla città lo spazio per accogliere nuove funzioni e servizi.

CONNESSIONE E MOBILITA'

Scarsa diffusione delle auto elettriche sul mercato automobilistico italiano

La scarsa diffusione delle vetture elettriche nel mercato italiano impone un limite alla conversione della mobilità. La scarsità di postazione di ricarica giova ulteriormente a sfavore della diffusione. La minaccia è quella che pochi users potranno beneficiare delle postazioni di ricarica previste.

Mancata propensione all'utilizzo del trasporto pubblico

Lo scarso utilizzo dei servizi per il trasporto pubblico minaccia lo sviluppo di nuove linee e stazione di bus e metropolitana nonché limita il flusso di persone che attraverseranno l'area, a favore di un incremento di traffico veicolare e conseguente inquinamento acustico e atmosferico.

SERVIZI

Dispersione rispetto al lotto dei luoghi fulcro delle olimpiadi

Essendo stato scelto come area che ospiterà il Villaggio Olimpico nell'edizione invernale delle Olimpiadi del 2026, il lotto si trova lontano dagli impianti satelliti che ospiteranno le gare quali Bormio e Cortina.

AMBIENTE E PAESAGGIO

Pericolo di marginalità dell'area per la scarsa considerazione dovuta alla precedente funzione

La minaccia sopra riportata potrebbe sfavorire l'utilizzo degli impianti e dei servizi che si andranno a creare in quanto l'area è stata per molto tempo inutilizzata ed essendo stata per molto tempo luogo di abbandono, non risulta essere ben vista agli occhi della cittadinanza.

GOVERNANCE

Alta competizione territoriale

Visto l'elevato numero di edifici per uffici e vista la quantità di case per studenti che circondano le vicine università, la minaccia è quella della saturazione del mercato dei servizi prima citati, facendo calare drasticamente la domanda e rischiando di trasformare il lotto in un luogo poco utilizzato o addirittura non utilizzato.

Attuale rischio di una crisi economica con il conseguente slittamento dei tempi di vendita dell'area e di riduzione dei tempi di costruzione del villaggio olimpico

Data la situazione del mercato edilizio italiano, la minaccia analizzata è quella inerente alla mancata acquisizione di risorse economiche necessarie alla realizzazione del villaggio olimpico, con conseguente slittamento della consegna e riduzione dei tempi di costruzione. Inoltre, la minaccia coinvolge la successiva trasformazione.

Limiti imposti dall'accordo di programma

L'accordo di programma potrebbe limitare l'espressione di un progetto in quanto impone dei limiti nell'utilizzo delle aree in ottica di una rifunzionalizzazione generale di tutti gli scali facenti parte dell'accordo.

STRUTTURA URBANA

Caratteristiche architettoniche degli edifici circostanti in contrasto con lo sviluppo futuro del lott

Gli edifici che andranno ad occupare l'ex scalo merci di Porta Romana seguiranno una certa linea di modernità, in collegamento con i nuovi interventi realizzati e in fase di realizzazione (Fondazione Prada e Symbiosis). La minaccia è rilevata nella misura in cui il contesto urbano possa porre dei limiti con i propri edifici nell'espansione di questa rigenerazione urbana.

CRITICITÀ E POTENZIALITÀ

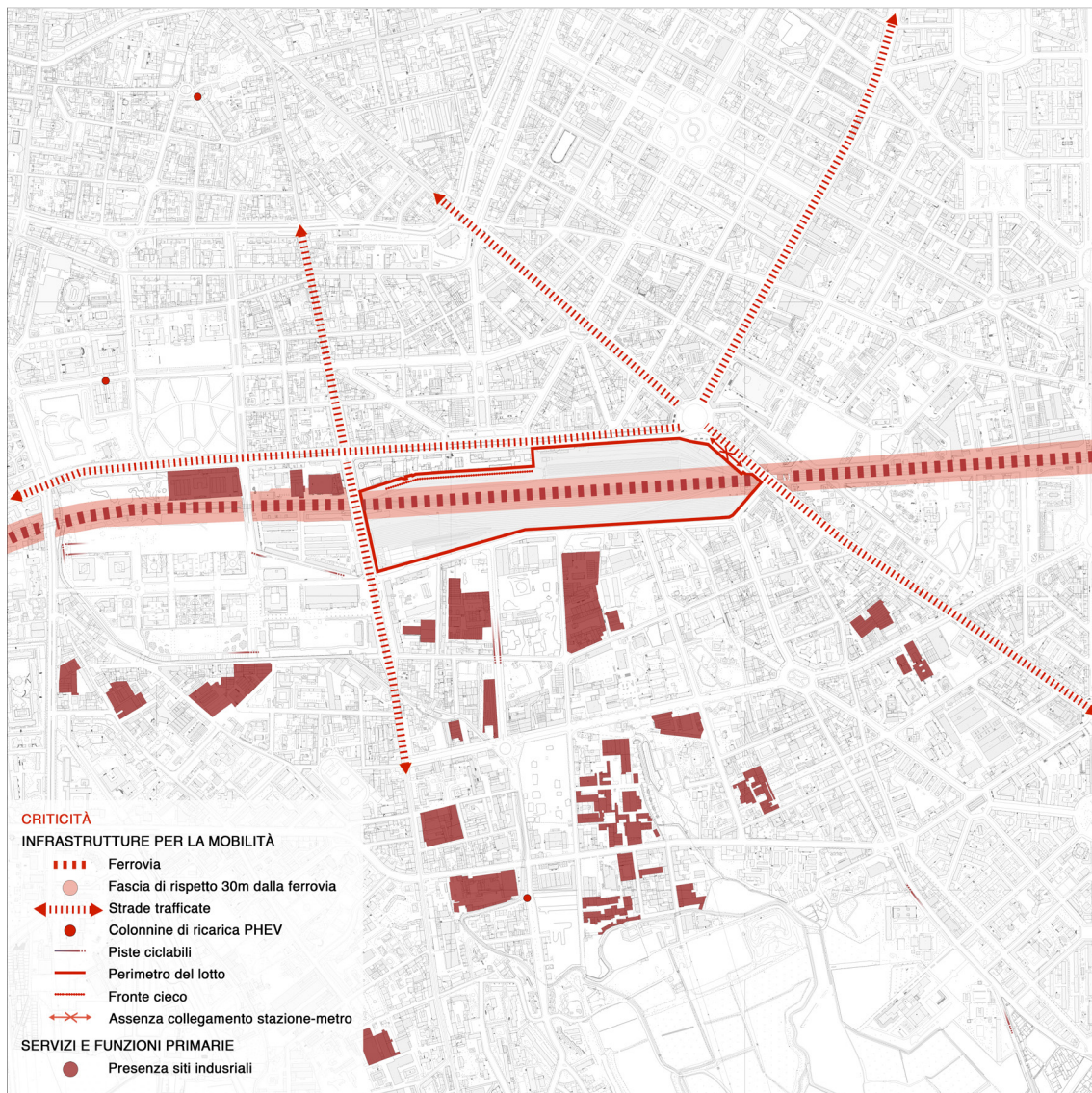
Una volta eseguita l'analisi SWOT sui fattori endogeni ed esogeni all'area oggetto di intervento, si è passati alla rappresentazione delle potenzialità e delle criticità. Vengono quindi accorpati i fattori utili e favorevoli per quanto riguardano le potenzialità, mentre per le criticità i fattori avversi. Sulla base delle indagini eseguite nel processo di conoscenza verranno segnate con colori **BLU** le **POTENZIALITÀ** e con colori **ROSSI** le **CRITICITÀ**.

TAVOLA DELLE CRITICITÀ

L'elaborato, come precedentemente detto, ha l'obiettivo di evidenziare, in questo caso, i fattori potenzialmente avversi al raggiungimento dello scopo dell'intervento e alla piena integrazione nel contesto urbano nel quale si inserisce. Vengono quindi mostrati con sfumature di colore rosso (in base alla tipologia di servizio) ciò che è stato analizzato nella conoscenza e che potrebbe portare delle criticità al progetto. Come

prima voce di legenda, le infrastrutture per la mobilità presentano delle criticità; la linea ferroviaria che transita all'interno del lotto dividendolo in due parti risulta essere una criticità nella misura in cui va a creare una sorta di cesura urbana del lotto, rendendo difficilmente permeabile l'area da nord a sud. In merito a questo, viene mostrato come anche il perimetro del lotto è caratterizzato da cinte murarie che non rendono accessibile l'area da molti punti. La fascia di rispetto di trenta metri che essa impone dalla mezzaria dei binari rappresenta anch'essa una criticità in quanto vincola le possibili edificazioni di qualsiasi natura dalla costruzione, riducendo quindi gli spazi disponibili all'edificazione. Dall'analisi conoscitiva si è inoltre appurato che il lotto è circondato da una importante rete di strade ad elevata percorrenza; esso viene visto come criticità in quanto rappresenta una fonte non indifferente di inquinamento acustico e atmosferico. L'assenza di un collegamento pedonale opportuno tra la stazione della ferrovia e la stazione della

metropolitana è sicuramente una critica in quanto costringe gli utilizzatori a transitare lungo i lati di Corso Lodi, mancando di sicurezza. A questo va aggiunta la frequente frammentazione delle piste ciclabili presenti negli intorno dell'area che non consentono un percorso continuo che colleghi i vari quartieri con il centro città. Per quanto riguarda i servizi e le funzioni primarie, la presenza di siti industriali favorisce la diminuzione della qualità del tessuto urbano.



Estratto03: Tavola delle criticità

TAVOLA DELLE POTENZIALITÀ

Iniziando con le infrastrutture per la mobilità, sono state indicate le stazioni della linea ferroviaria e metropolitana oltre che le fermate della linea dei bus e della linea tramviaria. In merito alla particolare attenzione che è stata posta sull'ultimo miglio e sull'importanza della mobilità lenta, sono state segnalate le postazioni di bike sharing nonché tutti i punti di accesso al lotto. Data la particolare conformazione delle vie viabilistiche su diversi livelli, sono stati evidenziati i sottopassaggi pedonali e i cavalcavia dell'area circostante. Analizzando ora le reti ecosistemiche e le componenti

paesaggistiche, si è definita come potenzialità la presenza di parchi nelle immediate vicinanze quali il parco Alessandrina Ravizza, il parco delle Memorie Industriali e il Parco Agricolo di Milano Sud. Passando alla presenza di tessuti urbani, sono state delineate le dimensioni dei nuclei di antica formazione, ponendo particolare attenzione su quelle nelle immediate vicinanze. Infine, vengono riportati tutti i servizi e funzioni primarie presenti nel circondario dell'area dello scalo di Porta Romana che, secondo le analisi della conoscenza, apportano delle potenzialità al sito oggetto di intervento.

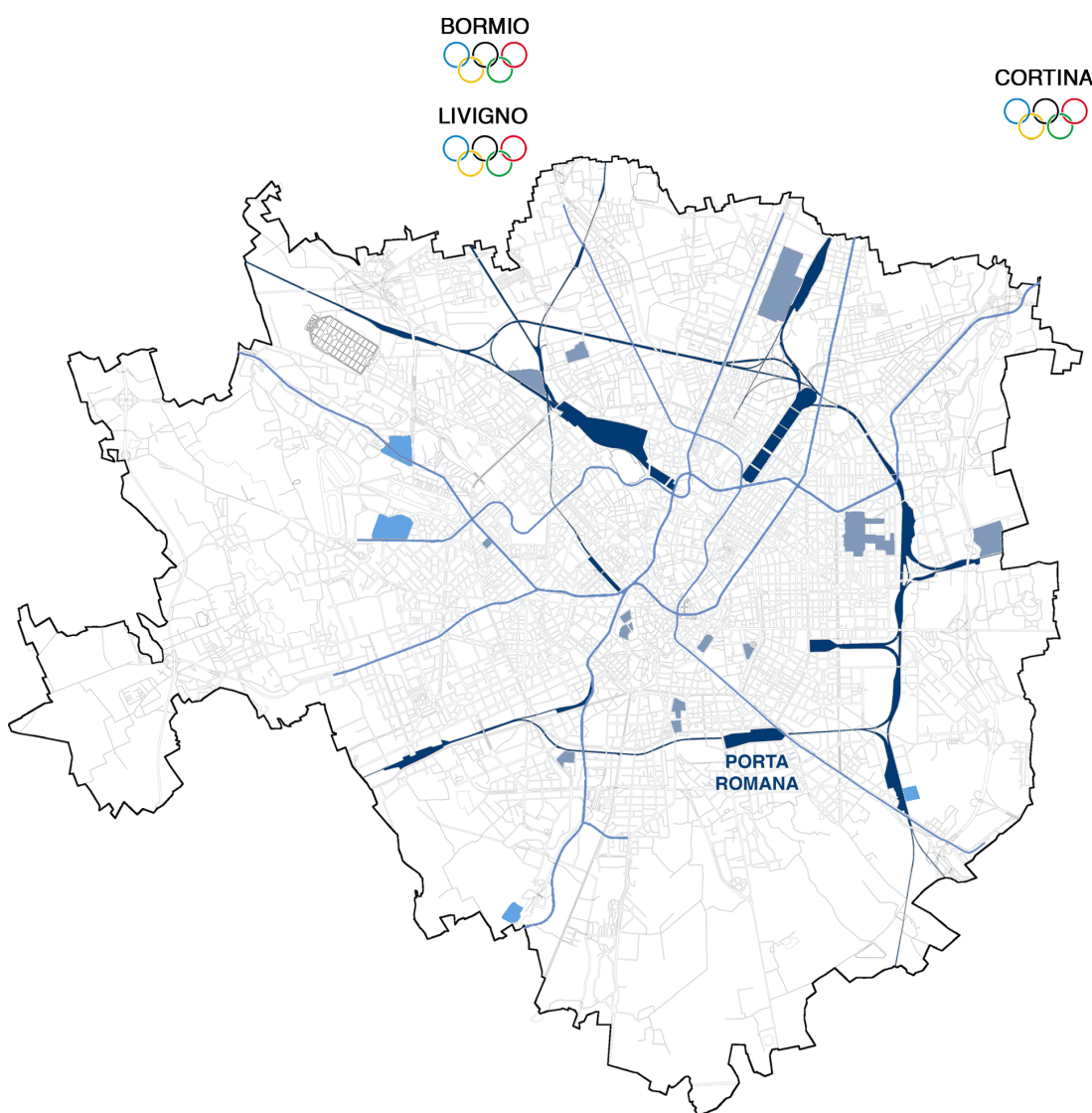
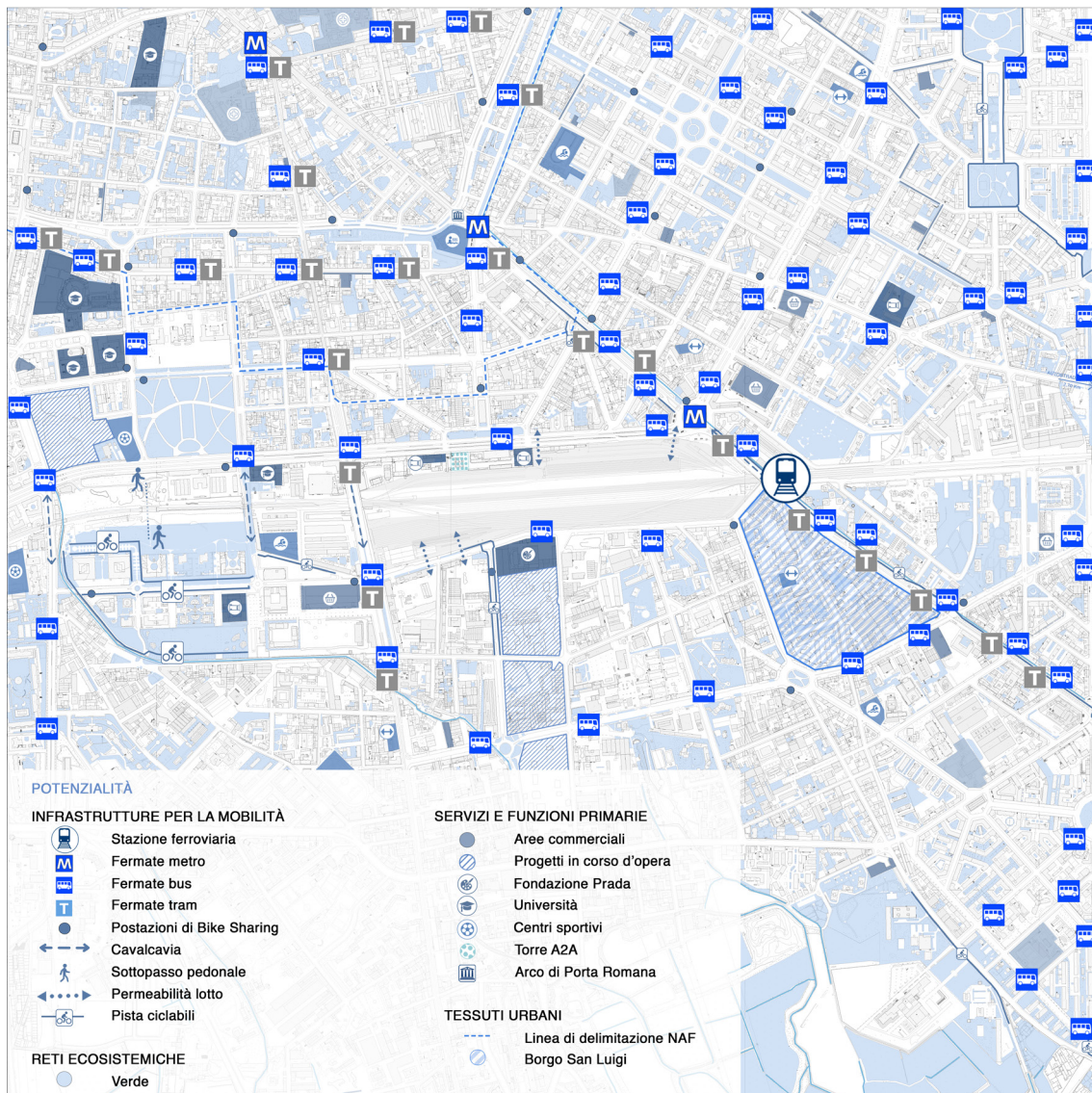


Figura62: Inquadramento luoghi olimpiadi 2026

Sono segnalate le aree commerciali, con attenzione sulla grande distribuzione organizzata e sulle vie di addensamento commerciale; le strutture per la salute; i centri sportivi e i servizi alla persona di maggiore rilevanza. Vengono infine segnalate come potenzialità del progetto le università e relative residenze per studenti e i progetti in corso d'opera nelle immediate vicinanze dello scalo. Nell'inquadratura in [Figura65] sono state evidenziate in dettaglio i luoghi delle Olimpiadi Invernali di Milano Cortina 2026 evidenziando come la capillare rete autostradale presente nelle vicinanze del lotto

offrano una potenzialità in quanto consentono il facile raggiungimento delle mete evidenziate. Sono inoltre segnalate come potenzialità le università presenti nel territorio comunale in quanto, una volta ottemperato il bisogno di residenze per le olimpiadi, il lotto ospiterà anche alloggi per studenti; qui la scelta di segnalarle come potenzialità in quanto, anche se alcune agli opposti della città, sono di facile raggiungimento mediante mezzi pubblici.



Estratto04: Tavola delle potenzialità

OBBIETTIVI STRATEGIE AZIONI

L'analisi OSA permette la raccolta e la schematizzazione degli Obiettivi di progetto e delle relative Strategie ed Azioni applicabili per il loro raggiungimento.

Questo studio viene suddiviso in tre differenti parti, le quali rappresentano i tre obiettivi che sono stati prefissati: mobilità sostenibile, ricucitura urbana, società e cultura.



Grafico09: Mobilità sostenibile

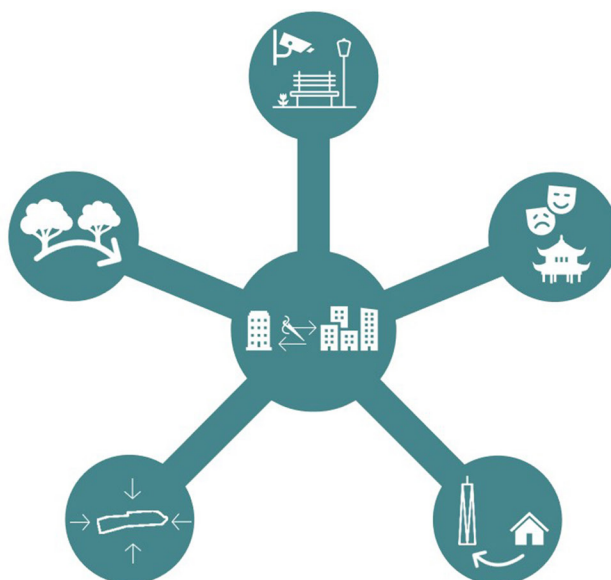


Grafico10: Ricucitura urbana



Grafico11: Società e cultura

MOBILITÀ SOSTENIBILE

Il primo obiettivo sul quale è stata posta l'attenzione è l'attuazione di tutte le misure a favore dello sviluppo della mobilità sostenibile. L'obiettivo centrale del progetto di tesi e dello sviluppo del concept plan dell'area dello scalo di Porta Romana è la mobilità sostenibile, argomento di notevole interesse per i recenti piani di sviluppo urbani delle grandi città mondiali. L'ottenimento di questo obiettivo è raggiungibile attraverso la concretizzazione di alcuni interventi volti a creare, dove non presenti, o a migliorare, ove già attivi, una serie di servizi finalizzati alla mobilità della pubblica utenza. L'implementazione dell'ultimo miglio¹⁸ come tema chiave per la mobilità lenta ha lo scopo di sviluppare la micromobilità all'interno del lotto e nelle immediate vicinanze. L'inserimento di una rete di veicoli elettrici a guida autonoma (PODS) come elemento di connessione tra i due fronti opposti al lotto sposa a pieno l'obiettivo in oggetto, soprattutto grazie alle grandi dimensioni del lotto. La predisposizione alla mobilità elettrica sarà incentivata grazie alla gestione del surplus elettrico generato dagli edifici insistenti sul lotto, che andrà ad alimentare il trasporto elettrico per quanto riguarda la mobilità lenta e la ricarica dei veicoli elettrici in apposite postazioni.

Strategia e azioni

Il raggiungimento degli obiettivi posti nell'ambito della mobilità sostenibile è supportato da una serie di strategie e conseguenti azioni che mirano a sviluppare maggiormente il concetto di mobilità pubblica, elettrica e sostenibile. In particolare, si è evidenziato l'importanza della promozione del trasporto pubblico con l'obiettivo di ridurre l'utilizzo di mezzi privati e di conseguenza migliorare l'ambiente urbano riducendo l'inquinamento acustico e atmosferico.

Per raggiungere l'obiettivo risulta fondamentale garantire un adeguato numero di corse e implementare il numero di fermate

per le linee bus e stazioni ferroviarie e metropolitane nell'area. Considerando la componente di trasporto privato, la strategia da adottare è la transizione verso una mobilità completamente elettrica; per migliorarne lo sviluppo è fondamentale creare parcheggi dedicati alle auto elettriche e postazioni di ricarica. È inoltre importante prevedere la ricarica in sito delle auto integrando così i sistemi di ricarica agli edifici. L'ultima strategia riguarda il miglioramento delle infrastrutture e dei servizi che consentono lo spostamento nell'ultimo miglio, implementando i servizi di bike sharing e creando una serie di piste ciclabili che vanno a ricollegarsi a quelle esistenti. Si prevede inoltre la creazione di percorsi coperti all'interno dell'area e di un servizio di mobilità elettrica ed autonoma all'interno del lotto.

OBIETTIVI

o.1 MOBILITÀ SOSTENIBILE

STRATEGIE

S.11 IMPLEMENTAZIONE ULTIMO MIGLIO

S.12 INCENTIVARE TRASPORTO PUBBLICO

S.13 INCENTIVARE TRASPORTO PRIVATO ELETTRICO

AZIONI

A.111 Implementazione monopattini elettrici

A.112 Implementazione delle stazioni di bike sharing

A.113 Creazioni di nuove piste ciclabili

A.114 Creazione di percorsi coperti e zone d'ombra

A.121 Agevolazioni economiche

A.122 Incremento delle fermate e delle corse disponibili

A.131 Creazione di parcheggi dedicati alle auto elettriche

A.132 Incentivare la ricarica in sito delle auto

A.133 Implementazione delle colonnine di ricarica

RICUCITURA URBANA

Dalle caratteristiche stesse del lotto deriva uno dei principali obiettivi, ovvero la ricucitura del tessuto urbano. La cintura ferroviaria della linea S9 rappresenta, infatti, una barriera che divide da un lato la città storica e di impostazione berutiana, dall'altro un tessuto urbano più dinamico ed aperto caratteristico degli sviluppi urbani attuati nel periodo post-bellico. Lo scalo si inserisce come un vuoto urbano¹⁹ che accentua questa divisione, risulta quindi fondamentale proporre delle strategie che consentano di ricollegare queste due parti di città. In questa direzione abbiamo fatto riferimento al piano²⁰ di governo del territorio che classifica l'area come un'area di trasformazione urbana²¹ e delinea una serie di linee guida. Fra queste la principale è la creazione di un attraversamento pedonale dell'area che permetta il superamento della ferrovia. In quest'ottica si pone anche il progetto del parziale interrimento della ferrovia in corrispondenza dello scalo.

Lo sviluppo dello scalo prevede la creazione di un parco pubblico che permetta la creazione di un'identità locale che sia di riferimento per gli abitanti del quartiere, risulta fondamentale la creazione di un fitto sistema di mobilità lenta che permetta la permeabilità all'interno dello scalo e la creazione di relazioni. Bisogna quindi considerare lo sviluppo di questo progetto in relazione alle trasformazioni che sono avvenute (progetto della Fondazione Prada²²) e che si stanno sviluppando nell'area (progetto Symbiosis²³ e ampliamento dell'università Bocconi²⁴), così da garantire una piena integrazione delle nuove funzioni con quelle esistenti.

Strategia e azioni

Il raggiungimento dell'obiettivo di ricucitura urbana è supportato da una serie di strategie e conseguenti azioni che mirano al raggiungimento di quanto prefissato. Si vuole intervenire superando la cesura ferroviaria con ponti verdi che pongano in

diretto collegamento la porzione sud del lotto (Fondazione Prada e Symbiosis) con quella a nord su Viale Isonzo. La ricucitura permetterà di collegare il fitto tessuto urbano posto a nord con le aree di nuova costruzione che si stanno sviluppando nella parte a sud della barriera generata dalla linea ferroviaria. La permeabilità verrà massimizzata, dove possibile, aprendo il lotto verso i fronti stradali abbattendo la cinta muraria preesistente che racchiude l'area di progetto. Lo stato attuale di vuoto urbano verrà riempito con edifici con capacità di riversare nell'area un flusso ingente di persone in modo da colmare non soltanto un vuoto fisico ma anche un'assenza sociale.

OBIETTIVI

o.2 RICUCITURA URBANA

STRATEGIE

S.21 SUPERAMENTO DELLA CESURA URBANA

S.22 PROMUOVERE LA PERMEABILITÀ

S.23 RIEMPIMENTO DEL VUOTO URBANO

AZIONI

A.211 Creazione di attraversamenti verdi in quota

A.221 Apertura del lotto su tutti i fronti

A.222 Creazione di percorsi sicuri

A.231 Creazione di edifici attrattivi

A.232 Collegamento con progetti esistenti

SOCIETÀ E CULTURA

Nella definizione degli obiettivi riguardanti la nostra area di progetto, abbiamo pensato che una parte importante dello sviluppo del piano dovesse interessare la società e la cultura. Tali aspetti ricoprono infatti un ruolo centrale, intendendoli come rifunzionalizzazione e potenziamento dei servizi esistenti in loco. Infatti, con il progetto che andremo a sviluppare, si andranno a creare spazi che avranno un interesse peculiare rispetto alle altre zone di Milano, ottenendo così una forte identità del luogo, rispondendo a specifiche esigenze della zona, come ad esempio la realizzazione di un Idea Store la quale prevede l'implementazione del social housing e dei servizi di co-working e la creazione di un parco pubblico. Oltre a ciò, verrà previsto un potenziamento dei servizi già inseriti nel contesto urbano, in modo da renderli più efficienti e connessi con le nuove realizzazioni. Verrà così preservato o migliorato tutto ciò che riguarda la società e le sue abitudini già formate in quest'area, seguendo una logica di potenziamento dei servizi esistenti. La decisione di considerare questi aspetti è dettata dal fatto che tutte le conclusioni che sono state pensate riguardo lo sviluppo dell'area, possano essere riferite anche a chi già vive tale zona, donandole quindi maggiore forza e limitando le sue debolezze. L'obiettivo posto durante l'analisi guiderà quindi lo sviluppo del progetto in diverse fasi: a partire dalle strategie fino alla definizione delle azioni, in modo da realizzare concretamente i miglioramenti che tale luogo necessita.

Strategia e azioni

Per quanto riguarda la società e la cultura, sono state definite diverse strategie atte a migliorare e ampliare i servizi e le funzioni presenti nel lotto. Ciò è stato pensato per rendere più completa e peculiare tale zona, in modo da differenziarla dalle altre aree di Milano e renderla contestualmente meno

dipendente a livello di servizi. Con la creazione di un Idea Store, un parco pubblico e una piazza, infatti, si attuerà la rifunzionalizzazione dell'area che ora vede come unica possibilità per quella zona lo scarico delle merci della ferrovia. Un'altra strategia da attuare è quella che vede la realizzazione di spazi per coworking e l'integrazione di attività commerciali e servizi. In tal modo verrà favorita la collaborazione tra le persone che abitano il quartiere, creando un'identità locale. Inoltre, dopo la fine delle olimpiadi invernali, le abitazioni realizzate per gli atleti, verranno convertite a social housing e case per gli studenti, garantendo la vivibilità dell'area anche post evento.

Tutte queste strategie mirano all'obiettivo di garantire un innalzamento della qualità del vissuto nell'area per tutti i residenti e chiunque transiti o permanga nella zona, dandone un alto valore sociale e culturale.

OBIETTIVI

0.3 SOCIETÀ E CULTURA

STRATEGIE

S.31 MULTIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'AREA

S.32 PROMOZIONE DELLA COLLABORAZIONE

S.33 IMPLEMENTAZIONE DEI SERVIZI PUBBLICI
ESISTENTI

S.34 RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL VILLAGGIO

AZIONI

A.311 Creazione di un idea store

A.312 Integrazione di attività commerciali

A.321 Social housing e case per studenti

A.322 Creazione di servizi di Co-Working

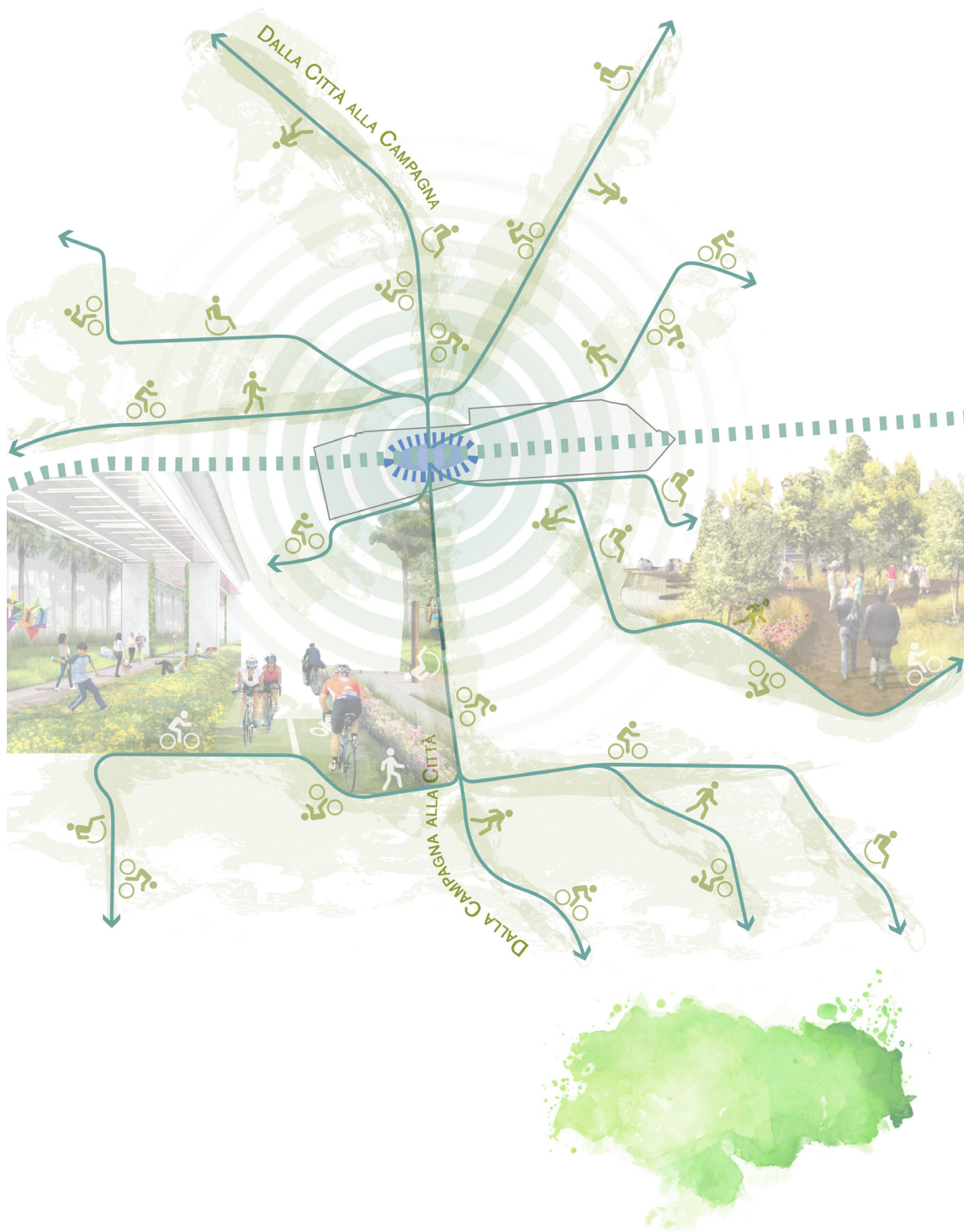
A.331 Creazione di una piazza come luogo di ritrovo

A.332 Integrazione di servizi per la comunità

A.333 Creazione di un parco pubblico

VISION

Ricucendo il tessuto urbano milanese, generando all'interno del vecchio scalo di Porta Romana un nuovo cuore pulsante per la città alimentato ad energia elettrica. Le arterie che sanciscono la ricucitura urbana sono pensate come viali alberati, marciapiedi, piste ciclabili, ovvero percorsi sicuri che distribuiscano il flusso della mobilità lenta in questa porzione di città.



Estratto08: Vision

CONCEPTPLAN



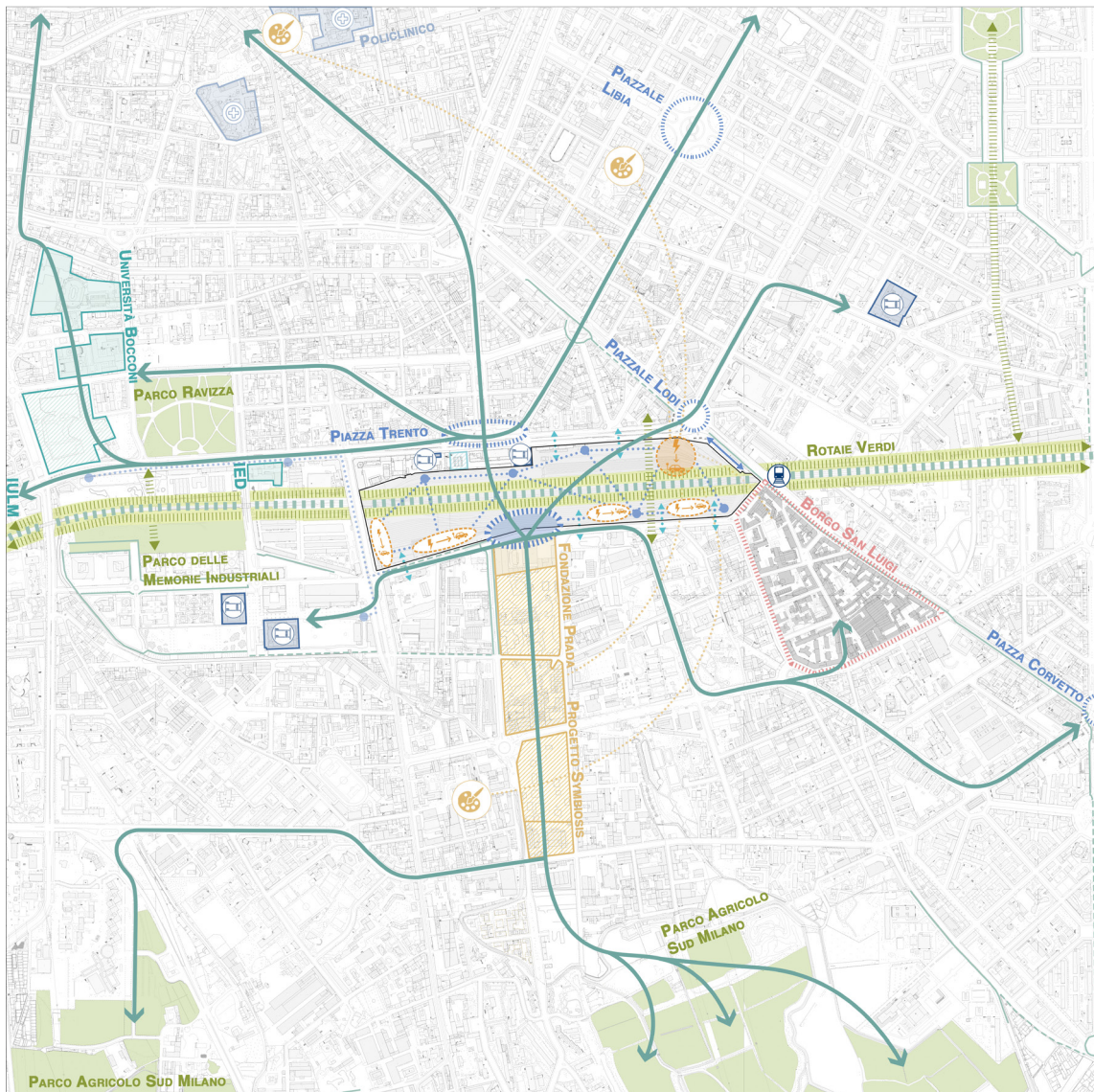
Figura63: Nuvola di parole

ELEMENTI DI CONOSCENZA

-  Verde
-  Borgo San Luigi
-  Università Bocconi e IED
-  Ampliamento Università Bocconi
-  Edifici per la cultura
-  Progetto Symbiosis
-  Torre A2A
-  Ferrovia
-  Piste ciclabili esistenti
-  Stazione
-  Policlinico
-  Studentati
-  Teatri

PROPOSTE DI INTERVENTO

-  PODS e relative stazioni
-  Collegamento stazione-metro
-  Direttrice ricucitura urbana
-  Corridoi verdi
-  Connessione culturale
-  Piste ciclabili progetto
-  Maggiore permeabilità lotto
-  Edifici residenziali
-  Idea store
-  Piazza centrale di progetto
-  Piazze esistenti
-  Rotaie verdi



Estratto09: ConceptPlan

LA MOBILITÀ ELETTRICA NEL CONCEPTPLAN

Il primo obiettivo analizzato è quello di sfruttare i benefici della mobilità elettrica all'interno del lotto. Il contesto cittadino offre numerosi spunti per collegare l'area dello scalo di Porta Romana con la nuova tecnologia.

Integrazione

Riferendosi inizialmente alle aree interne allo scalo, data la disposizione dei servizi in tutta l'area del lotto e la notevole lunghezza, i percorsi interni sono stati pensati come assistiti da veicoli a guida autonoma che percorrono nella totalità lo spazio tra le stazioni della metro e della ferrovia con il versante opposto. Si verranno a creare delle sorte di fermate per la mobilità lenta all'interno del lotto. L'utilizzo dei PODS per la mobilità lenta è coadiuvato con l'utilizzo di monopattini elettrici liberi di percorrere internamente ed esternamente il lotto. Rimanendo sempre nell'ambito della mobilità lenta e nel tema dell'ultimo miglio, si è deciso di aumentare il numero di stazioni per il bike sharing e di collegare le piste ciclabili attorno all'area al lotto, creando così un percorso sicuro. Unitamente alle azioni eseguite per la mobilità lenta, si è pensato di fornire agli utilizzatori dell'area e ai residenti, delle postazioni di ricarica per veicoli elettrici nella parte adiacente alla Via Ripamonti. La scarsità di colonnine per la ricarica di auto elettriche ha fatto sì che nel progetto di concept vi sia la realizzazione di ulteriori punti di ricarica.

LA RICUCITURA URBANA NEL CONCEPTPLAN

Lo stato di fatto presenta un grande vuoto urbano nella periferia sud est della città metropolitana di Milano. La presenza di numerosi e diversificati servizi nell'intorno dello scalo pone la necessità di collegarli con il nuovo progetto. Inoltre, lo sviluppo di

ambiziosi progetti opera di famosi architetti e non, spinge il percorso progettuale a creare una sorta di ricucitura tra la parte a nord e quella sud, accentuata anche dalla cesura della linea ferroviaria.

Integrazione

Con una grande freccia che spicca sulla tavola del concept, si vuole indicare la ricucitura di quelli che, analizzati nella tavola della conoscenza e delle potenzialità, sono delle funzioni di rilevante importanza. La freccia vuole unire quindi i grandi parchi verdi presenti nelle immediate vicinanze, le preesistenze con valenza storica, come il borgo San Luigi, i vari centri di smistamento già presenti nell'intorno dell'area, come Piazza Trento e Piazzale Lodi. Essendo in futuro destinato ad accogliere residenze per studenti, la necessità di collegare questo con le varie università e con gli studentati esistenti va a intensificare ancora di più il concetto di ricucitura. Essa viene anche vista da un punto di vista culturale, andandosi ad allacciare con quelli che sono i luoghi di cultura e servizi per la persona più importanti del circondario come ad esempio Fondazione Prada, Symbiosis e i vari teatri. Passando ad analizzare l'interno del lotto, è opera necessaria quella di dare maggiore affaccio al contesto circostante lo scalo. L'apertura su più fronti intensifica le possibili relazioni tra interno ed esterno. Le connessioni con l'interno del sito di progetto sono realizzate in corrispondenza delle strade in maniera tale da formare una continuità con il sistema di collegamento urbano. La previsione di un collegamento verde sopraelevato è necessaria ad attenuare la cesura effettuata dalla linea ferroviaria anch'essa però oggetto di trasformazione in quanto viene prevista la rifunzionalizzazione dei margini ferroviari; la formazione di un corridoio verde che unisce gli scali della rete milanese fornendo anzitutto una buona quantità di verde urbano ma principalmente la formazione di un luogo dove poter transitare in sicurezza. Non per ultimo il collegamento

pedonale tra la stazione ferroviaria e la stazione della linea gialla della metropolitana delinea un percorso necessario al transito in sicurezza.

LA SOCIETÀ E LA CULTURA NEL CONCEPTPLAN

Fondamentale per la piena integrazione del progetto all'interno della struttura della città, è la compatibilità e il collegamento con i servizi e con la cultura preesistente. Nel progetto sono stati considerati quindi i luoghi maggiormente attrattivi per i due ambiti.

Integrazione

La volontà del percorso progettuale è quella di fornire all'area un edificio che racchiuda un vasto numero di servizi al cittadino. Verrà quindi progettato un community center che accrescerà l'offerta di servizi pubblici e privati ai residenti degli intorno dell'area. Saranno quindi pensati degli spazi di co-working, social housing e studentati. La problematica legata alla cesura ferroviaria è stata risolta tramite due azioni progettuali: la creazione di un ponte verde e l'interramento della ferrovia. A supporto di questo progetto, sono state pensate delle nuove piazze che gestiscano il flusso di persone che raggiungeranno prima il Villaggio Olimpico e poi lo spazio di residenze e idea store. La nuova piazza si pone al centro del lotto allineata con la preesistente Piazza Trento; si viene a creare così un asse verticale allineato a Fondazione Prada e Symbiosis. Esso, insieme al ponte verde, permette il superamento della cesura ferroviaria, agevolando il collegamento tra la periferia e il centro.

CAPITOLO 3.3

CASI STUDIO

CONOSCENZA DELL'ANALISI

DOMANDE DI STUDIO

- Come sfruttare strategicamente il lotto all'interno del contesto cittadino
- Come riqualificare un'area ferroviaria non più utilizzata
- Quali servizi integrare a quelli già esistenti e in che modo
- Come valorizzare le preesistenze
- Gestione degli spazi aperti comuni
- Bonifica degli spazi in relazione alle indagini ambientali
- Quali edifici pubblici inserire all'interno del masterplan di progetto

FATTORI PER LA COMPARAZIONE DEI CASI STUDIO

Rigenerazione urbana

SOLUZIONI TECNOLOGICHE ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

Nella creazione di quartieri sostenibili è fondamentale l'utilizzo di strategie energetiche (attive e passive) che permettano la riduzione dei consumi degli edifici. Per garantire la sostenibilità è importante considerare anche l'utilizzo di risorse locali e una buona gestione dei rifiuti generati.

IMPLEMENTAZIONE DEI SERVIZI PER IL TRASPORTO PUBBLICO

L'implementazione dei servizi pubblici nell'area di intervento rappresenta una valida soluzione per facilitare il raggiungimento del lotto da più parti della città. L'aggiunta o il potenziamento delle presenti infrastrutture all'interno del masterplan risulta un tema centrale per quanto riguarda lo sviluppo delle città sostenibili.

PERMEABILITÀ

Garantire l'accesso al lotto eliminando le barriere architettoniche, creare percorsi ciclopedonali sicuri che permettano il superamento della cesura ferroviaria e il collegamento coi quartieri limitrofi.

Funzioni urbane

CREAZIONE DI UN NUOVO QUARTIERE MULTIFUNZIONALE

L'implementazione di servizi per il trasporto pubblico uniti all'aggiunta di servizi utili alla collettività conferiscono notevole importanza all'area, diventando un luogo fulcro dei servizi cittadini. La multifunzionalità dei nuovi quartieri è garantita da una vasta scelta di servizi e attività commerciali negli edifici realizzati nei nuovi interventi.

CONVERSIONE DEGLI EDIFICI

Nella creazione di spazi che prevedono il cambiamento di funzione nel tempo, si deve garantire il minimo impiego di risorse economiche nella trasformazione e la massima funzionalità durante l'intero periodo di utilizzo.

SVILUPPO MOBILITÀ LENTA

La mobilità lenta ha un ruolo sempre più importante nel processo di sviluppo urbanistico e dei servizi. La sua presenza garantisce collegamenti veloci ed economici all'interno del contesto cittadino. L'implementazione di questi servizi quali piste ciclabili e relative colonnine per la gestione del bike sharing rappresentano una valida soluzione per il trasporto "verde" di persone che percorrono brevi - medie tratte.

Paesaggio urbano

CREAZIONE DI UN PARCO URBANO

Lo sviluppo urbano tiene in considerazione sempre di più l'integrazione di sistemi verdi all'interno delle città con la creazione di percorsi verdi, viali alberati e nuovi parchi. L'obiettivo principale è il miglioramento del microclima urbano grazie alla componente vegetale e la creazione di luoghi di incontro

per gli abitanti dei quartieri, assumendo quindi una funzione ricreativa e culturale.

IMPLEMENTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

I servizi ecosistemici hanno sempre più valore nel processo di pianificazione urbanistica. Negli ultimi anni le città hanno spostato l'attenzione sulle risorse che la natura propone includendo nella programmazione urbana infrastrutture che trasformino le potenzialità che la natura offre in servizi al cittadino.

CRITERI DI SELEZIONE

- Casi di dimensioni comparabili e la creazione di nuovi quartieri
- Casi di interventi legati ad eventi olimpici
- Progetti che dedicano particolare attenzione allo sviluppo della mobilità lenta
- Recupero di aree dismesse, in particolare di scali ferroviari
- Aree che trattano il verde come collegamento
- Interventi sostenibili da un punto di vista ambientale
- Progetti che prevedono una rigenerazione urbana, con la risoluzione dei vuoti urbani e
- la ricucitura del tessuto

SELEZIONE DEI CASI STUDIO

1.EX-MOI:

sede del villaggio olimpico per le olimpiadi invernali di Torino 2006

2.CLICHY BATIGNOLLES:

recupero di zone ferroviarie in disuso

3.KING CROSS:

recupero di edifici industriali con la creazione di un quartiere multifunzionale

4.OLYMPIC PARK LEGACY:

ha ospitato le Olimpiadi

5.THE PEARL DISTRICT:

rigenerazione urbana di aree dismesse

6.PERTH CITY LINK:

ricucitura del tessuto urbano



Figura64: Localizzazione dei casi studio

CARATTERISTICHE DEI CASI STUDIO

	EX- MOI	CLICHY BATIGNOLLES	OLYMPIC PARK LEGACY	KING CROSS	THE PEARL DISTRICT	PERTH CITY LINK
Localizzazione	Torino, Italia	Parigi, Francia	Londra, Regno Unito	Londra, Regno Unito	Oregon, USA	Perth, Australia
Periodo di realizzazione	2003-2005	2007-19	2005-2020	2005-13	1988-2016	2008-2020
Estensione territoriale	120 000 m ²	540 000 m ²	1 020 000 m ²	270 000 m ²	960 000 m ²	324 000 m ²
Superficie costruita	79 050 m ²	450 000 m ²	114 000 m ²	92 000 m ²	743 200 m ²	409 000 m ²
Residenti coinvolti	2 508	7500	7000	6000	12 450	3 000
Modello di sviluppo	Pubblico	Pubblico e privato	Pubblico	Pubblico e privato	Pubblico e privato	Pubblico e privato
Costruttore Imprenditore	Città di Torino Agenzia Torino 2006	Société Publique Locale d'Aménagement	London Legacy Development Corporation	King's Cross Central Limited Partnership (KCCLP)	Portland Development Commision	Metropolitan Redevelopment Authority
Temi principali	- recupero area dismessa in prossimità della ferrovia - creazione di un nuovo quartiere - riconversione del villaggio olimpico con la creazione di residenze per studenti, social housing e uffici - creazione di un landmark (passerella)	- pianificazione di un quartiere garantendo molteplici funzioni - creazione di un parco pubblico con coperture verdi - gestione dei rifiuti - inserimento di linea tramviaria per implementare servizi pubblici di trasporto - promozione della mobilità lenta con piste ciclabili - creazione di specchi d'acqua	- creazione di collegamenti col centro della città e le zone limitrofe - creazione di luoghi d'incontro sportivi circondati da spazi pubblici - creazione di un quartiere sostenibile - crescita occupazionale all'interno dell'area - sviluppo della mobilità lenta	- garantire l'accessibilità all'area e la connessione col resto della città - promuovere la flessibilità e la multifunzionalità - sfruttare il patrimonio industriale - attrarre gli abitanti con nuovi servizi	- creazione di un mix funzionale e morfologico - riqualificazione dell'area industriale - ridurre la diffusione delle auto - relazione e confronto col contesto edilizio - continuità coi servizi esistenti - collegamento con elementi con caratteristiche paesaggistiche rilevanti	- costruzione linea ferroviaria interrata - stazione per autobus interrata - creazione di nuove strade - creazione di un parco ad uso pubblico - creazione di percorsi ciclopodali
Funzioni	social housing residenze per studenti parco urbano	social housing residenze per anziani parco urbano	uffici hotel residenziale infrastrutture sportive	attività commerciale social housing	residenziale commerciale waterfront	residenziale uffici
Criterio di scelta del caso	Soluzione progettuale	Soluzione progettuale	Soluzione progettuale	Soluzione progettuale	Soluzione progettuale	Soluzione progettuale
Referenze	A. Sorba, G. Loiacono (2015). Comune di Torino: Progetto di insediamento abitativo dei Villaggi Olimpici.	Paris Batignolles Aménagement (2015). The eco- district: A different sustainable urban development in Paris. Mairie De Paris	Greater London Authority (2010). A review of the Olympic Park Legacy Company's role. Greater London Authority	Argent LLP (2017). The Economic and Social Story of King's Cross. Regenris	China development Bank Capital (2015). The pearl district: an urban development case study of the pearl district and brewery blocks in Portland, Oregon	MRA (2015). Perth City Link Design Guideline. Metropolitan Redevelopment Authority

Tabella01: Caratteristiche dei casi studio

EX-MOI

Torino, Italia

MODELLO DI SVILUPPO
Pubblico

PERIODO DI SVILUPPO
2003-2005

COSTRUTTORE
Città di Torino Agenzia Torino 2006

SUPERFICIE
12 ha

SUPERFICIE COSTRUITA
79.050 m²

RESIDENTI
2.508 persone



Figura65: Ex-Moi

L'area EX-MOI di proprietà comunale ospitava, precedentemente alla conversione in villaggio olimpico, i mercati generali. Il Piano Regolatore prevedeva la realizzazione di un quartiere prevalentemente residenziale, garantendo la salvaguardia di alcuni edifici pubblici mediante l'attuazione di un Piano Esecutivo di iniziativa pubblica. Grazie alla designazione della città di Torino come luogo di svolgimento delle olimpiadi invernali del 2006, l'area è stata scelta come sito ospitante il villaggio, e si potuti procedere alla realizzazione dell'intervento.

TEMI E STRATEGIE

- Creazione di un mix abitativo
- Inserimento di nuove funzioni all'interno del lotto
- Salvaguardia di edifici preesistenti
- Creazione di un mix socioculturale
- Creazione di servizi e funzioni complementari
- Recupero area dismessa in prossimità della ferrovia
- Creazione di un nuovo quartiere
- Riconversione del villaggio olimpico con la creazione di residenze per studenti, social housing e uffici
- Creazione di un landmark (passerella)

MASTERPLAN

Le arcate e la tettoia centrale degli ex mercati, conservate e restaurate, sono destinate a servizi per gli atleti. Dalla piazza centrale compresa tra le arcate si accede alla passerella pedonale che scavalca il tracciato ferroviario a ridosso dell'area e conduce al Lingotto: strallata e ad andamento curvo per i primi 250 m, la passerella è sostenuta da un grande arco rosso, cui è affidato il valore simbolico dell'intero intervento. La parte residenziale, che si sviluppa di fronte alle arcate lungo via Giordano Bruno, consiste in 39 unità residenziali disposte secondo un impianto a scacchiera dal fronte chiuso verso la via e aperto verso il Lingotto e la collina.

Le palazzine di 5-8 piani sono declinate in linguaggi diversi, che in molti casi richiamano quelli mitteleuropei, secondo un piano dei colori che conferisce al piccolo quartiere una forte identità visiva e contribuisce al suo netto distacco nei confronti del tessuto urbano circostante.



Figura66: Masterplan Ex-Moi

CONCLUSIONI

Il progetto, data la presenza della linea della ferrovia, prevede il superamento di essa mediante una passerella; questa però non garantisce un superamento efficace della ferrovia in quanto risulta puntuale e necessita quindi grandi spostamenti all'interno del lotto per raggiungerla e oltrepassare i binari. Passando agli insediamenti abitativi, la divisione delle aree ha portato alla perdita della permeabilità creata inizialmente. La presenza di mix sociali e la mancata valorizzazione dal punto di vista economico e strategico ha fatto sì che attualmente l'ex villaggio olimpico sia in uno stato di degrado sociale e immobiliare elevato.

CLICHY BATIGNOLLES

Parigi, Francia

MODELLO DI SVILUPPO

Pubblico/privato

PERIODO DI SVILUPPO

2007-2019

COSTRUTTORE

Paris Batignolles Aménagement

SUPERFICIE

54 ha

AREA VERDE

10 ha

RESIDENTI

7.500 persone

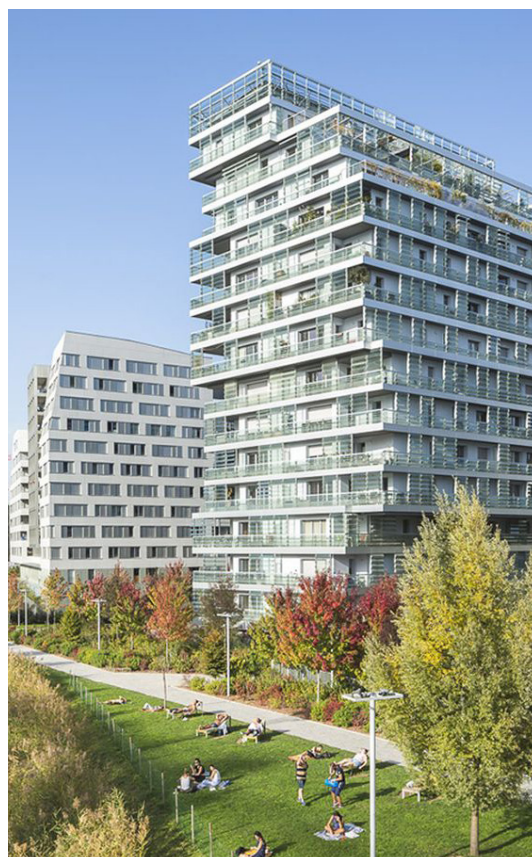


Figura67: Clichy Batignolles

Il progetto Clichy Batignolles ha lo scopo di formare un'area urbana molto frequentata andando a ricucire i tessuti separati dalla linea ferroviaria. La zona interessata del progetto si trova nella parte nord-ovest del Distretto 17 di Parigi. Esso è stato progettato come area ad uso misto sviluppata attorno ad un parco pubblico. L'intero progetto si ispira a principi di connettività, design urbano e sostenibilità. L'intera area interessata è destinata a diventare un importante scalo metropolitano. Verranno inoltre valorizzati i quartieri limitrofi attraverso la rimozione delle barriere ferroviarie.

TEMI E STRATEGIE

- Creazione di un mix di classi sociali e generazionali
- Creazione di servizi all'interno del lotto
- Piano terra destinato a funzioni commerciali
- Creazione di un parco urbano
- Creazione di tetti verdi e cortili
- Creazione di zone a bassa velocità (20-30 km/h)
- Implementazione di piste ciclabili e postazioni di bike sharing
- Implementazione dei servizi pubblici

MASTERPLAN

I 10 ettari di parco al centro dell'area di sviluppo hanno l'obiettivo di creare nuovi collegamenti con i quartieri circostanti; il tracciato ferroviario continua ad attraversare l'area nella zona centrale, anche se vengono mantenuti distanti dalle aree pubbliche. Le strade nel lotto sono ridotte al minimo, limitando il traffico all'interno dell'area di intervento e sviluppando maggiormente un sistema di mobilità lento. In particolare, la velocità negli spazi dell'area è limitata a 20-30 km/h per migliorare il comfort e la sicurezza e favorire l'utilizzo di biciclette e mezzi pubblici. Per limitare l'impatto della ferrovia nell'area in cui viene mantenuta, è

presente una piastra su cui sorgono gli edifici che creano una barriera dal rumore rispetto ai quartieri circostanti.



Figura68: Masterplan Clichy Batignolles

CONCLUSIONI

In questo caso, la ferrovia è al centro del progetto di sviluppo del quartiere parigino; l'intervento si presenta come un elemento di connessione dei quartieri circostanti, attraverso un parco urbano che si inserisce al di sopra della ferrovia. La decisione di limitare il più possibile la mobilità veicolare fa sì che le aree si prestino ad essere vissute maggiormente da persone, spostandosi con mezzi di mobilità lenta. La creazione di mix funzionali fa sì che ci sia una ampia fascia di età e di culture differenti che potranno usufruire dei servizi commerciali presenti. Il tutto in un contesto tecnologicamente avanzato e ben integrato alla città, grazie alla creazione di numerose aperture verdi, sia come parco che sui tetti degli edifici.

OLYMPIC PARK LEGACY

Londra, Regno Unito

MODELLO DI SVILUPPO
Pubblico

PERIODO DI SVILUPPO
2005-2020

COSTRUTTORE
London Legacy Development Corp

SUPERFICIE
230 ha

AREA VERDE
120 ha

RESIDENTI
14.000 persone



Figura69: Olympic Park Legacy

L'area su cui sorge il Parco Olimpico risultava un'area industriale altamente inquinata e di basso valore, l'obiettivo del masterplan ideato in occasione delle Olimpiadi 2012 era quello di riqualificare l'area creando un grande parco urbano e aggiungendo servizi pubblici e infrastrutture. Il lotto è attraversato centralmente da un fiume, che si divide in una densa rete di canali e si caratterizza per i quartieri circostanti aventi livelli di reddito bassi ma tra i più giovani ed etnicamente diversificati dell'intera città. L'area risultava scollegata dal centro città e povera di servizi ed infrastrutture pubbliche.

TEMI E STRATEGIE

- Recupero di un'area industriale
- Creazione di un parco urbano, luogo d'incontro grazie alla sua accessibilità pubblica
- Sostenibilità ambientale
- Implementazione delle infrastrutture per la mobilità lenta
- Conversione dei luoghi fulcro delle olimpiadi in servizi per i quartieri circostanti
- Mix funzionale

MASTERPLAN

Il masterplan prevede la conversione dei luoghi di incontro olimpici offrendo così un nuovo servizio all'area e la creazione di 5 nuovi quartieri dotati di spazi pubblici e servizi per la comunità. L'obiettivo principale del nuovo quartiere è quello di promuovere uno stile di vita sano e sostenibile come modello di vita urbana, incoraggiando la mobilità lenta attraverso la creazione di infrastrutture e la creazione di un mix di servizi. L'aspirazione del sito olimpico è la nascita di una nuova area della città ben connessa e servita nella zona orientale di Londra, sono presenti infatti numerosi collegamenti verso il centro e verso l'aeroporto. Per favorire la connessione ai quartieri adiacenti è prevista la realizzazione

di percorsi pedonali e piste ciclabili che connettano le comunità limitrofe al parco.

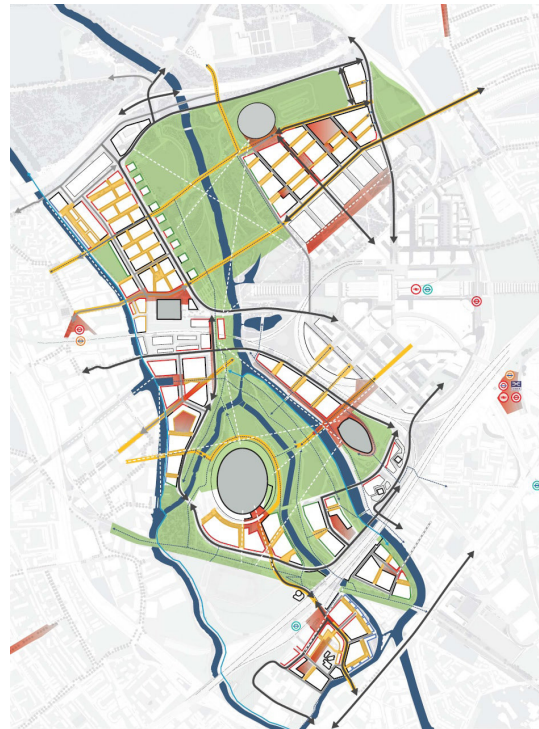


Figura70: Masterplan Olympic Park Legacy

CONCLUSIONI

L'aspetto principale di questa trasformazione è la conversione dei luoghi fulcro delle olimpiadi in servizi e infrastrutture pubbliche per i quartieri circostanti e la creazione di un grande parco urbano che si presenta come spazio pubblico e come elemento di connessione, tramite piste ciclabili e percorsi pedonali, con le aree circostanti. Nella creazione dei nuovi quartieri è risultato fondamentale l'integrazione di servizi commerciali e attività, rendendo quindi l'area viva e ricca di opportunità lavorative. Sono stati inoltre realizzati una serie di infrastrutture pubbliche come scuole ed asili che garantiscono un'ampia offerta di servizi.

KING CROSS

Londra, Regno Unito

MODELLO DI SVILUPPO
Pubblico/privato

PERIODO DI SVILUPPO
2007-2019

COSTRUTTORE
King's Cross Central Limited Partnership

SUPERFICIE
27 ha

AREA VERDE
10 ha

RESIDENTI
6.000 persone



Figura71: King Cross

King's Cross è un'area industriale e ferroviaria di Londra, nodo commerciale della città e fulcro del trasporto di merci su rotaia. Con la riduzione dell'utilizzo dello scalo commerciale si è reso necessario un progetto di riqualificazione che preveda il restauro di edifici storici e la costruzione di nuovi. L'area è servita da sei linee della metropolitana di Londra, due stazioni ferroviari e dalla linea dell'alta velocità Londra-Parigi.

TEMI E STRATEGIE

- Rigenerazione urbana
- Trasformazione da snodo commerciale a polo
- Attrattore della città
- Presenza di linee ferroviarie in uso
- Integrazione con il contesto urbano
- Creazione di un mix funzionale
- Permeabilità del lotto
- Recupero di edifici storici

MASTERPLAN

Il masterplan mira a creare un nuovo quartiere integrato nel contesto urbano della città di Londra. Il progetto comprende un mix di usi che garantisce una buona distribuzione di spazi pubblici. L'area viene trasformata da sito industriale a nuovo quartiere urbano grazie ad un percorso di trasformazione e recupero che prevede la creazione spazi pubblici come parchi e piazze. L'area è caratterizzata da un mix di edifici antichi recuperati ed edifici moderni, si riesce quindi a conservare la memoria industriale dell'area in un contesto di utilizzo contemporaneo.

Centrale nello sviluppo del masterplan è la presenza del Regent Canal che si presenta come un percorso per il tempo libero e principale accesso pedonale all'area.



Figura72: Masterplan King Cross

CONCLUSIONI

Nella realizzazione del masterplan è risultato fondamentale l'analisi delle vie d'accesso al lotto che permettono di creare un nuovo quartiere che si inserisce armoniosamente in un contesto metropolitano che contiene numerose realtà. Nel processo di riqualificazione dell'area sono stati recuperati alcuni degli edifici storici con l'obiettivo di conservare la memoria industriale del luogo mentre sono stati creati nuovi edifici per rendere maggiormente attrattiva l'area, il risultato è la creazione di un mix architettonico e di funzioni.

THE PEARL DISTRICT

Portland, Oregon, USA

MODELLO DI SVILUPPO
Pubblico/privato

PERIODO DI SVILUPPO
1988-2016

COSTRUTTORE
Portland Development Commission

SUPERFICIE
96 ha

RESIDENTI
13.450 persone



Figura73: The Pearl District

Il Pearl District è stato storicamente occupato da magazzini, industrie e dallo scalo ferroviario. A partire dalla fine degli anni '80 si sono susseguiti una serie di piani di sviluppo che hanno portato ad una completa trasformazione dell'area, creando un quartiere finanziario e residenziale di alto livello. Questa trasformazione è avvenuta con il restauro di edifici storici e con la creazione di nuovi programmi di costruzione, il risultato è un quartiere caratterizzato da un'ampia varietà di tipi di edifici e funzioni.

TEMI E STRATEGIE

- Integrazione di servizi pubblici che migliorino la vivibilità del quartiere
- Mix residenziale e sociale
- Riduzione delle automobili a favore di una mobilità lenta
- Creazione di un parco urbano
- Sviluppo di infrastrutture per la mobilità lenta

MASTERPLAN

Lo sviluppo dell'area si è basata sul restauro di edifici storici e sulla creazione di nuovi, senza però aumentare in modo esponenziale il prezzo degli affitti. Le aree centrali e lungo il fiume sono caratterizzate da un'alta densità abitativa, in tali zone sono presenti i servizi necessari per garantire una buona vivibilità del quartiere. Il piano d'azione prevede inoltre la creazione di un parco che risulta un elemento centrale e luogo d'incontro del quartiere. Lo sviluppo del masterplan considera il fiume come parte integrante dell'area e mira a creare un quartiere caratterizzato da una buona vivibilità grazie alla diffusione di servizi, comfort e sicurezza.



Figura74: Masterplan the Pearl District

CONCLUSIONI

In questo progetto, oltre alla creazione di nuove strutture, è stato pensato di riqualificare le preesistenze. Il parco verde in questo caso è stato utilizzato come strumento di connessione e come logo di incontro per le persone residenti. L'attenzione agli elementi naturali comprende anche la considerazione del fiume che scorre nel lotto come elemento non antropico e di decoro del nuovo quartiere. Per quanto concerne la mobilità, anche in questo caso si è deciso di considerare l'ipotesi di spostamenti mediante soluzioni di mobilità lenta.

PERTH CITY LINK

Perth, Australia

MODELLO DI SVILUPPO

Pubblico/privato

PERIODO DI SVILUPPO

2008-2020

COSTRUTTORE

Metropolitan Redevelopment Authority

SUPERFICIE

13,5 ha

AREE VERDI

4,4 ha

RESIDENTI

3.000 persone



Figura75: Perth City Link

Il Perth City Link è uno dei più importanti interventi della città e si pone come elemento di connessione fra il centro città e la periferia nord, l'area, un tempo, era caratterizzata da un fitto sistema di trasporti costituito dalla ferrovia. Lo sviluppo del progetto prevede l'implementazione delle infrastrutture per il trasporto pubblico e la creazione di un nuovo quartiere caratterizzato da una serie di attività commerciali, turistiche, uffici ed alloggi residenziali.

TEMI E STRATEGIE

- Creazione di un mix funzionale
- Ricucitura urbana, con il collegamento di due aree distinte della città
- Implementazione di luoghi pubblici e d'incontro
- Creazione nuovo quartiere della città
- Superamento della ferrovia tramite una copertura
- Implementazione sistemi mobilità lenta

MASTERPLAN

I lavori di copertura della ferrovia hanno portato alla creazione di un terreno edificabile che permette di superare agevolmente la divisione dovuta ai tracciati ferroviari e permette la creazione di un nuovo quartiere che va ad agire da elemento di collegamento fra il centro città e la periferia a nord. Il quartiere sarà caratterizzato da un mix vivace di usi del suolo, comprendenti abitazioni, aree commerciali, intrattenimento e trasporti. Per garantire il collegamento verranno create nuove strade che permetteranno una migliore gestione del traffico. Un terzo della superficie dell'area di progetto sarà dedicata allo spazio pubblico promuovendo la creazione di aree di sosta, percorsi ciclopedonali e piazze che ospiteranno eventi pubblici e mercati.



Figura76: Masterplan Perth City Link

CONCLUSIONI

Il problema della presenza di infrastrutture per la mobilità all'interno del fitto e in espansione tessuto urbano è stato risolto abbassandolo di quota, eliminando quasi la presenza di esso nel contesto cittadino. Anche in questo caso il vuoto urbano che si è venuto a creare è stato compensato con l'inserimento di un nuovo quartiere. I principali temi sono quindi quelli della ricucitura urbana, risolta con una copertura sulla linea ferroviaria, la creazione di edifici che prevedano un mix di funzioni e l'implementazione di sistemi di mobilità elettrica all'interno degli spazi. Much attention è stata posta alla creazione di una grande area di spazi pubblici per eventi e mercati.

CONCLUSIONI DELLE ANALISI

Vengono di seguito schematizzati i dati acquisiti dall'analisi dei casi studio, con lo scopo di confrontarli, riuscendo così ad ottenere degli elementi direttamente trasferibili ed applicabili nel progetto del masterplan urbano.

COMPARAZIONE DEI FATTORI DEI CASI STUDIO

	EX- MOI	CLICHY BATIGNOLLES	OLYMPIC PARK LEGACY	KING CROSS	THE PEARL DISTRICT	PERTH CITY LINK
Soluzioni tecnologiche energeticamente efficienti	● ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ○	● ○ ○	● ● ●
Implementazione dei servizi per il trasporto pubblico	● ○ ○	● ● ●	● ● ○	○ ○ ○	● ○ ○	● ● ●
Permeabilità	● ● ○	● ● ○	● ● ●	● ● ●	● ● ○	● ● ○
Creazione di un nuovo quartiere multifunzionale	● ● ○	● ● ●	● ● ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Conversione degli edifici	● ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ○	○ ○ ○
Sviluppo mobilità lenta	● ○ ○	● ● ●	● ● ○	● ○ ○	● ● ○	● ● ○
Creazione di un parco urbano	● ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ○ ○	● ● ○	● ● ○
Implementazione dei servizi ecosistemici	● ○ ○	● ● ●	● ● ○	● ● ○	● ● ○	● ○ ○

○ ○ ○ non trattato ● ○ ○ poco trattato ● ● ○ ben trattato ● ● ● molto trattato

Tabella02: Comparazione dei casi studio

VALUTAZIONE DEI CASI STUDIO

Le valutazioni dei casi studio sono state effettuate considerando la concordanza tra gli elementi trasferibili analizzati e le domande poste inizialmente, nella fase di scelta dei casi studio. Olympic Park Legacy rappresenta il caso studio che soddisfa maggiormente le problematiche riscontrate nell'area di progetto, trattando temi quali la creazione di un parco urbano, la sostenibilità ambientale e la creazione di mix funzionali, nonché il tema della mobilità lenta e la conversione di un quartiere da una prima funzione ad una successiva.

	EX- MOI	CLICHY BATIGNOLLES	OLYMPIC PARK LEGACY	KING CROSS	THE PEARL DISTRICT	PERTH CITY LINK
Elementi Trasferibili	Progetto per un villaggio olimpico.	Creazione di un mix sociale.	Recupero di una ex area industriale.	Rigenerazione urbana.	Integrazione del lotto con servizi pubblici.	Creazione di un mix funzionale.
	Riconversione del villaggio in un quartiere residenziale.	Creazione di un parco urbano.	Creazione di un parco urbano.	Presenza di linee ferroviarie in uso.	Presenza di mix sociale e residenziale.	Ricucitura urbana.
	Recupero di area dismessa lungo la ferrovia.	Gestione della mobilità lenta.	Sostenibilità ambientale.	Creazione di un mix funzionale.	Gestione della mobilità lenta.	Superamento della linea ferroviaria.
	Creazione di un nuovo quartiere.	Implementazione di piste ciclabili.	Creazione di un mix funzionale.	Permeabilità del lotto.	Creazione di un parco urbano.	Gestione della mobilità lenta.
	Servizi e funzioni complementari.	Implementazione di servizi pubblici.	Conversione del luogo olimpico in servizi per i quartieri circostanti.	Trasformazione da snodo commerciale a polo attrattore della città.	Sviluppo di infrastrutture per la mobilità lenta.	Creazione di un nuovo quartiere.
Risultato	● ● ○	● ● ○	● ● ●	● ● ○	● ● ○	● ● ○

Gli elementi **evidenziati** sono quelli direttamente trasferibili

Tabella03: Valutazione dei casi studio

TRASFERIBILITÀ DEI TEMI AL PROGETTO

Di seguito sono stati analizzati i temi che riportano una maggiore trasferibilità al progetto. In particolare, è stato analizzando come viene risolto il problema nel caso studio e come questo possa essere applicato nel progetto.

EX- MOI

Il caso studio di Torino 2006 è stato preso in considerazione in quanto rappresenta un intervento "vicino" e con il medesimo scopo del nostro progetto. Esso non presenta però elementi facilmente trasferibili a causa dell'insuccesso nel processo di riconversione da villaggio olimpico a villaggio per studenti.

CLICHY - BATIGNOLLES

L'esempio parigino ha portato alla luce, dato le comparabili dimensioni del progetto alla nostra area, una serie di pratiche urbanistiche adatte ad essere attuate al progetto milanese. In particolare, la gestione del verde urbano non è stata trattata come semplice luogo ma come elemento di collegamento tra due parti di lotto divisi dalla ferrovia. Inoltre, l'implementazione della mobilità lenta ha portato alla riduzione delle vie carrabili all'interno del lotto andando a potenziare e preferire il trasporto pubblico.

OLYMPIC PARK LEGACY

Il tema affrontato nello sviluppo del masterplan dell'Olympic Park Legacy risolve il problema della riconversione dei luoghi costruiti in occasione di eventi olimpici e la conseguente trasformazione delle funzioni inserite. Risulta questo l'elemento di successo del progetto e maggiormente trasferibile alla nostra area in quanto la rifunzionalizzazione genera una serie di servizi per il quartiere.

KING CROSS

L'esempio della riqualificazione del quartiere di King Cross presenta una serie di tematiche e funzioni diverse dalla nostra area. Risulta

invece trasferibile il concetto di permeabilità sviluppato con la creazione di accessi all'area prettamente ciclopedonali.

THE PEARL DISTRICT

Il Progetto prevede la riqualificazione di un quartiere commerciale di Portland con la creazione di nuove residenze e funzioni attrattive. Nello sviluppo delle residenze si è posta particolare attenzione all'inserimento di diverse tipologie abitative per garantire un adeguato mix sociale che andranno a vivere il quartiere. L'applicazione è di facile applicazione al progetto milanese in quanto l'area si trova nella periferia del Comune di Milano e oggetto di un sistema di riqualificazione urbana e sociale previsto dal PGT 2030.

PERTH CITY LINK

L'area di City Link nella città australiana di Perth prevede la riqualificazione di un'area della città che si presenta come elemento di connessione fra il centro e la periferia nord. Nello sviluppo della riqualificazione i progettisti hanno superato la cesura dovuta alla ferrovia interrandola in parte e coprendola con una copertura praticabile. Nello scalo di Porta Romana è prevista la medesima scelta progettuale per quanto riguarda linea ferrata, anche se per un tratto limitato.

CAPITOLO 3.4

MASTERPLAN DESIGN

SCELTA TIPOLOGIA EDILIZIA

L'elevate dimensioni del lotto e le molteplici funzioni del villaggio olimpico e della sua rifunzionalizzazione richiedono una complessa pianificazione. L'area si presenta divisa in due dalla linea ferroviaria, si è quindi deciso, in accordo con quanto previsto dall'ATU, di trattare la parte Nord come parco urbano e di destinare la parte Sud ai nuclei residenziali. Gli spazi abitativi occupati dal villaggio olimpico verranno poi destinati principalmente a residenze per studenti ed in parte a cohousing. Integrato a queste vi saranno una serie di servizi commerciali ad uso dei residenti del lotto ed ai cittadini dei quartieri limitrofi. Nello specifico, come analizzato nelle analisi preliminari, dalla trasformazione verranno destinati 62.900m² per residenze, 34.850m² per residenze sociali, 17.000m² per residenze convenzionali e 49.200m² per spazi commerciali. La parte meridionale prevede un'alternanza tra pieni e vuoti urbani; i primi, caratterizzati da un'elevata densità abitativa risultano anche ottimizzati da un punto di vista morfologico..

APPLICAZIONE DELLO STUDIO TRESPASSING

Come analizzato durante le simulazioni preliminari nell'ambito del progetto Trespassing, le tipologie a corte e quella a stecca risultano essere le più diffuse nella parte di Milano a confine tra città e campagna. Inoltre, quest'ultime risultano essere le più efficienti da un punto di vista energetico. Si è quindi deciso di optare per queste due tipologie, inserendole nel masterplan e plasmandole in relazione alle esigenze architettoniche quali: la volontà di creare spazi pubblici e la necessità di percorsi all'interno del lotto. I volumi presentano un'altezza comparabile con quella degli edifici preesistenti, risultando quindi integrati da un punto di vista altimetrico al contesto.

FUNZIONI EDIFICI DI NUOVA REALIZZAZIONE

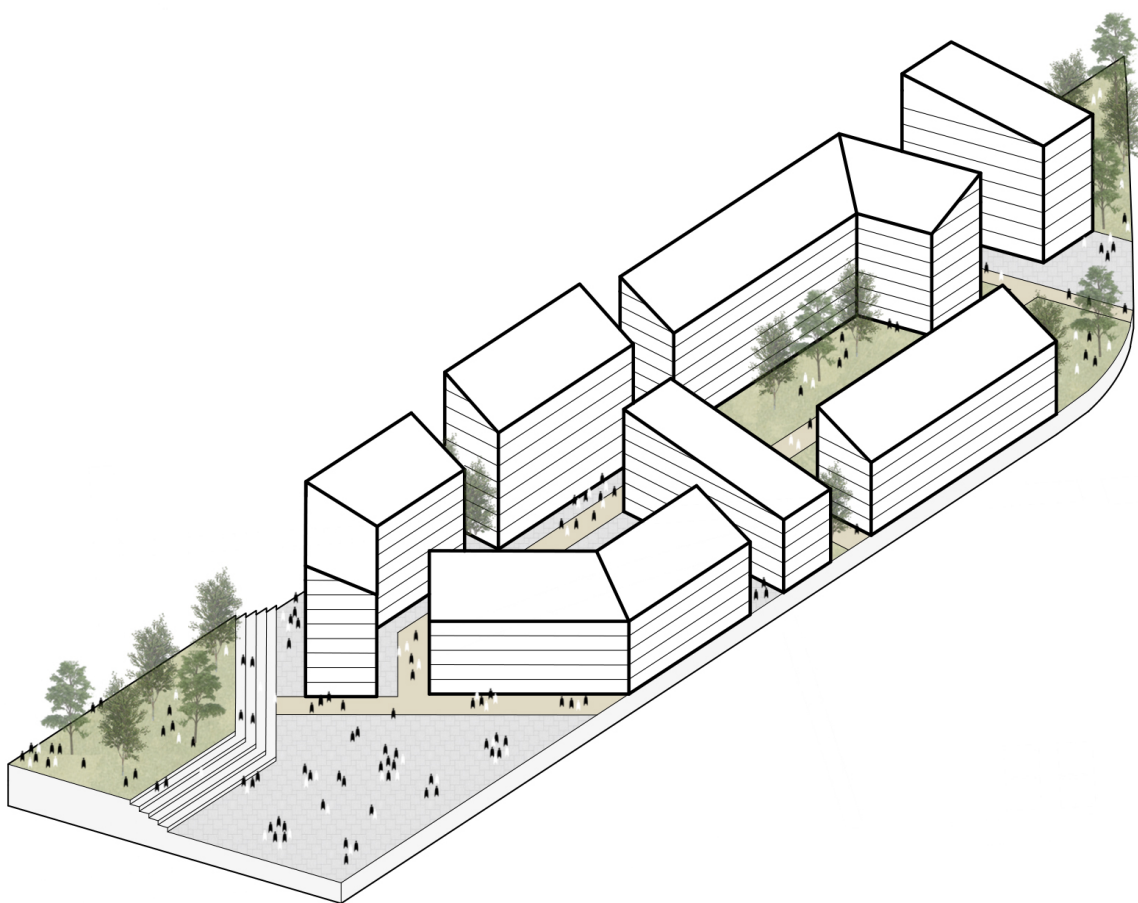
I nuovi edifici che sorgono nella porzione Sud del masterplan varieranno la loro funzione nel corso del tempo.

Essi nascono principalmente come immobili di supporto per le Olimpiadi di Milano-Cortina 2026. Durante l'intero periodo dei giochi oltre alle residenze che ospiteranno gli atleti verrà anche recuperato un vecchio edificio industriale con lo scopo di destinarlo a deposito per le attrezzature sportive. Una porzione del villaggio olimpico verrà destinato a "Media Village", ovvero residenze e servizi annessi per media e stampa. Tutti questi edifici subiranno al termine della competizione

una rifunionalizzazione che li trasformerà in residenze convenzionate per studenti, dato che lo scalo di Porta Romana presenta nelle vicinanze diversi poli universitari come Università Bocconi e IED.

Al processo di rifunionalizzazione fanno eccezione le social housing che, integrate nel masterplan già durante il periodo delle olimpiadi, manterranno la loro funzione anche nel periodo successivo.

La volontà è quella di creare un mix sociale distribuendo le social housing in diverse posizioni del lotto evitando così la creazione di quartieri troppo omogenei.



Estratto10: Volume tipologia edilizia

STUDIO DEL VERDE

Il verde urbano inserito all'interno del masterplan presenta tipologie differenti. Nell'area Nord-Ovest, a ridosso del confine dello scalo con via Giuseppe Ripamonti, domina il verde agricolo. In questa porzione sono presenti campi e orti urbani che gli abitanti del quartiere di Porta Romana e delle zone limitrofe possono sfruttare inserendo l'attività agricola anche in un contesto cittadino. Nella fascia centrale Nord, in prossimità di corso Lodi, è presente del verde sportivo che consiste in un'alternanza di spazi per lo svolgimento di differenti attività sportive come un campo di calcio.

CRITERI DI SELEZIONE DELLE SPECIE ARBOREE

Le specie arboree inserite all'interno del masterplan sono state scelte in modo tale da possedere determinate caratteristiche rispetto ad alcuni temi, come: allergie, assorbimento CO₂, riduzione del calore, resistenza, assorbimento delle polveri sottili

e riduzione del rumore.

ALLERGIE: le allergie sono scatenate da concentrazioni elevate di polline nell'aria. Per ridurre al minimo la presenza si preferisce l'utilizzo di specie ad impollinazione entomofila che generano una minore quantità di polline.

ASSORBIMENTO CO₂: le piante riescono a fissare la CO₂ presente nell'atmosfera attraverso la fotosintesi clorofilliana, l'efficacia di questo processo dipende dalla dimensione della chioma e dalla tipologia di pianta.

RIDUZIONE CALORE: nella progettazione le piante possono attenuare lo sviluppo di calore ostacolando la radiazione solare, per questo motivo è preferibile l'utilizzo di piante decidue, così da sfruttare la radiazione solare durante il periodo invernale.

RESISTENZA: la resistenza delle piante dipende principalmente da 3 fattori, ovvero l'attaccamento al suolo, la resistenza agli agenti patogeni e la grandezza della chioma.

ASSORBIMENTO POLVERI SOTTILI: le piante intercettano le polveri sottili disperse nell'atmosfera trattenendole sulle superfici delle foglie o sulla corteccia, quindi risultano più efficaci le piante a foglia rugosa rispetto a quello con foglia liscia.

RIDUZIONE DEL RUMORE: per creare delle barriere naturali è preferibile scegliere delle specie ad alta densità di fogliame ed a rapida crescita.

ALLERGIE
RESISTENZA
ASSORBIMENTO CO₂
RIDUZIONE DEL CALORE
ASSORBIMENTO POLVERI SOTTILI
RIDUZIONE DEL RUMORE



SCelta DELLE SPECIE ARBOREE

1. BAGOLARO
Celtis Australis



2. GELSO BIANCO
Morus Alba Fruitless



3. LIGUSTRO
Ligustrum



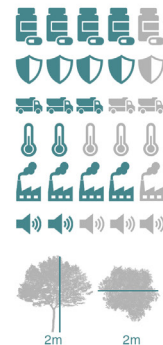
4. PIOPPO
Populus Nigra Italica



5. VIBURNO
Viburnum Rhytidophyllum



6. SPIRAEA
Spiraea Japonica "Anthony Waterer"



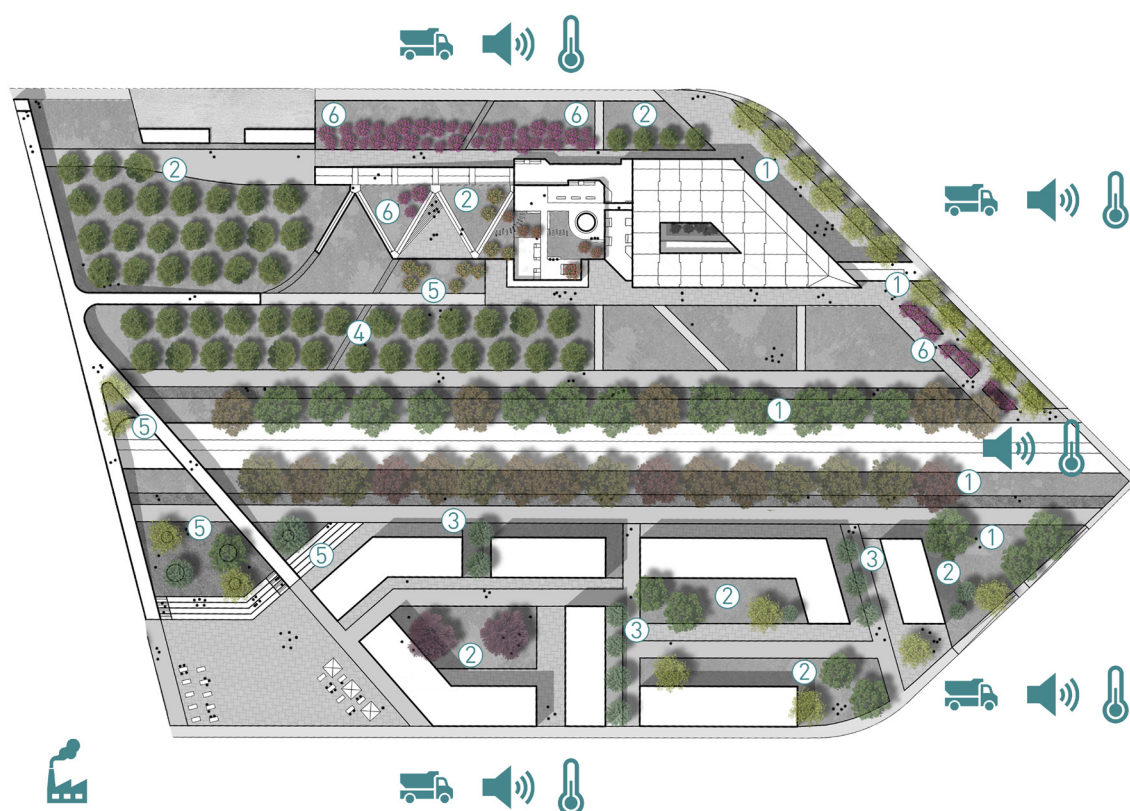
Estratto11: Scelta specie arboree

DISPOSIZIONE DELLE SPECIE ARBOREE

La disposizione è stata studiata in modo da sfruttare le caratteristiche intrinseche di ciascuna specie arborea per risolvere alcune delle criticità urbanistiche che il lotto in esame presentava.

Nell'area Nord-Est, per difendersi dal traffico cittadino di corso Lodi e viale Isonzo, sono state predisposte piante con le peculiarità di garantire protezione dal rumore e dall'inquinamento atmosferico. Ai lati dei binari si collocano piante di specie diverse dalle precedenti ma con caratteristiche medesime, in quanto anche in questa fascia di masterplan la problematica principale risulta essere elevato inquinamento acustico generato questa volta dal passaggio del treno. Il verde disposto all'interno del villaggio, nella porzione Sud del lotto, oltre che a fungere da

decoro urbano e a generare zone d'ombra negli spazi semi privati tra i complessi urbani, scherma le radiazioni dirette provenienti da sud. In particolare, per questa zona sono state scelte specie arboree con bassa carica di allergeni.



Estratto12: Disposizione delle specie arboree



Figura77: Mobilità lungo corso Lodi



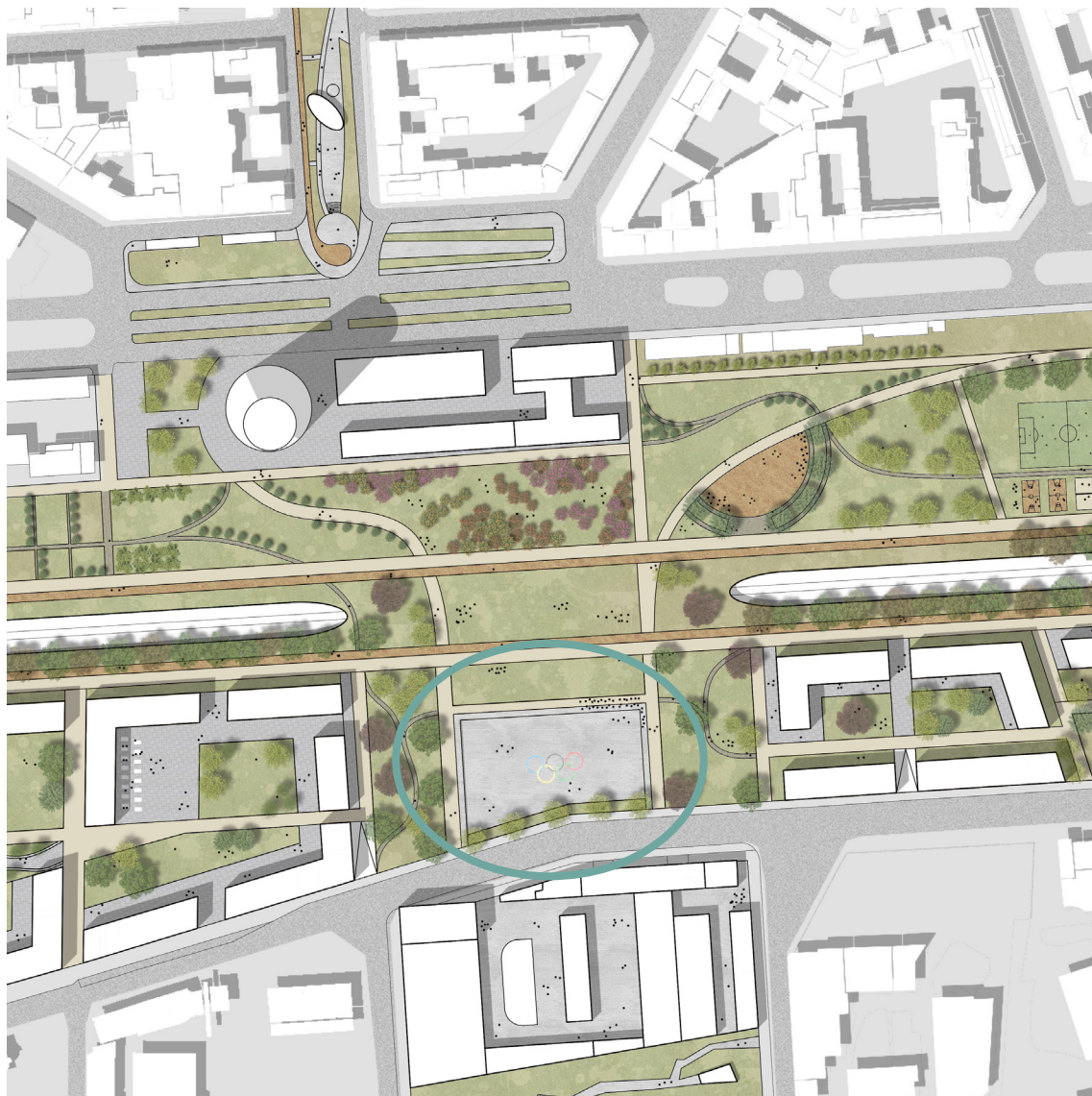
Figura78: Passaggio del treno all'interno dello scalo

PIAZZA PRINCIPALE

PIAZZA STEVEN BRADBURY

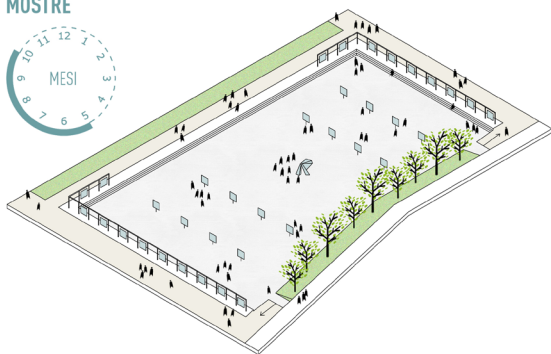
Il villaggio residenziale situato a Sud dei binari ferroviari si presenta come un'alternanza di pieni e vuoti dove i primi vengono rappresentati da piazze, luoghi di aggregazione sociale, mentre i secondi sono costituiti da blocchi urbani le cui forme vengono delineate nell'ambito del progetto Tresspassing.

La piazza principale è posizionata nella porzione centrale, di fronte a Fondazione Prada che ne diventa una sorta di 'quinta scenica'. Essa può assumere durante il corso dell'anno diversi scenari urbani d'utilizzo. Può essere utilizzata, ad esempio, da Prada stessa come passerella esterna per sfilate o per la presentazione di nuove collezioni d'abbigliamento. Potrebbe essere utilizzata, con l'opportuna strumentazione, anche come area concerti, sfruttando al tempo stesso la conformazione del terreno antistante garantendo così una capienza maggiore di pubblico.



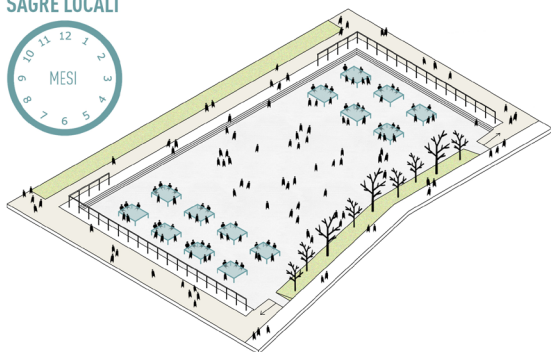
Estratto13: Inquadramento piazza principale

MOSTRE



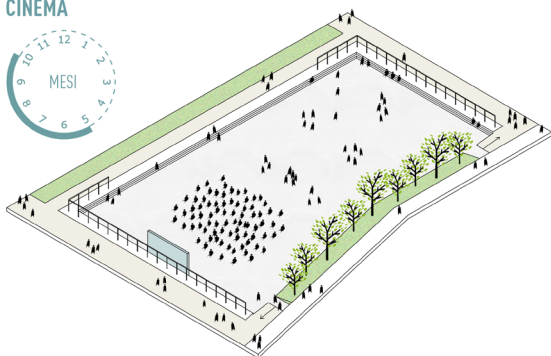
Installazioni artistiche che avvengono sfruttando il perimetro della piazza o tramite l'utilizzo di attrezzature esterne per posizionare eventuali opere d'arte. Durante le quali artisti importanti o emergenti potranno esporre i propri lavori agli abitanti del quartiere e dell'intera città.

SAGRE LOCALI



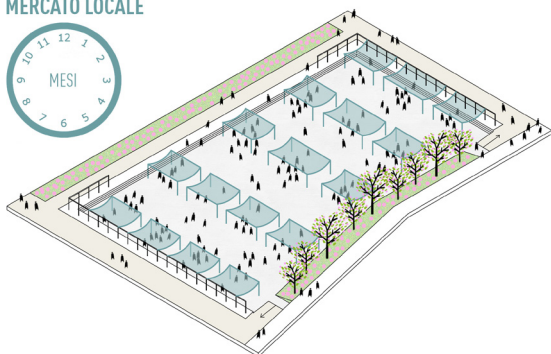
Le dimensioni della piazza permettono lo svolgimento di sagre e feste cittadine. Possono essere posizionati tavoli e tendoni semimobili che resteranno installati per l'intera durata della manifestazione.

CINEMA



Sale cinematografiche locali, nei mesi estivi e primaverili, potranno usufruire di quest'area per le proiezioni di film all'aperto. Lo spazio dovrà essere allestito all'occorrenza con il posizionamento di schermo, proiettore e sedute per il pubblico.

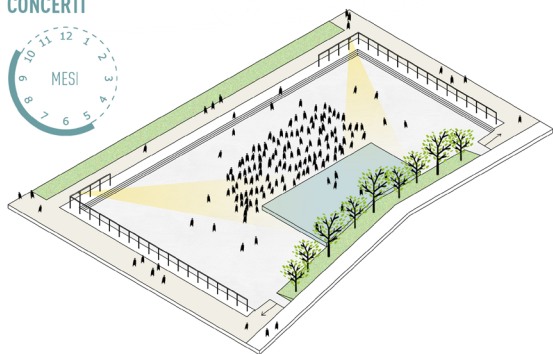
MERCATO LOCALE



La piazza principale all'occorrenza può essere sfruttata come spiazzo per ospitare il mercato rionale, dove settimanalmente i commercianti espongono le loro merci ai cittadini.

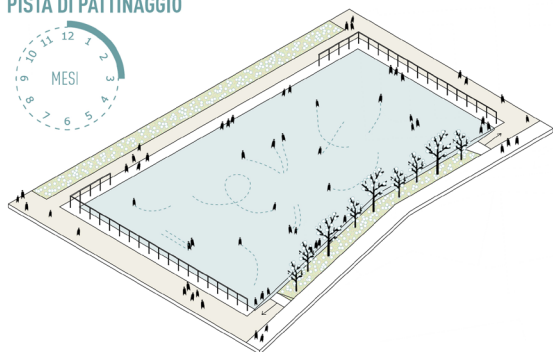
Estratto14: Scenari di utilizzo della piazza

CONCERTI



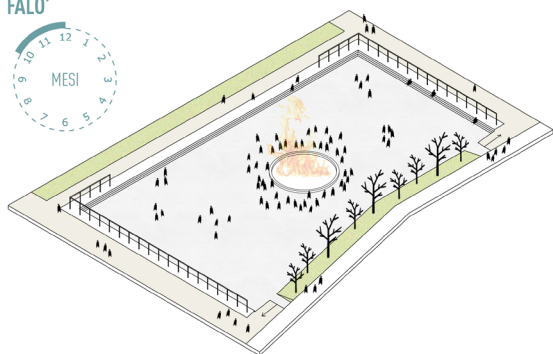
Sfruttando non solo la piazza ma anche l'area di parco antistante e la conformazione del terreno, con le opportune installazioni, si può garantire la realizzazione di un concerto con una modesta quantità di spettatori.

PISTA DI PATTINAGGIO



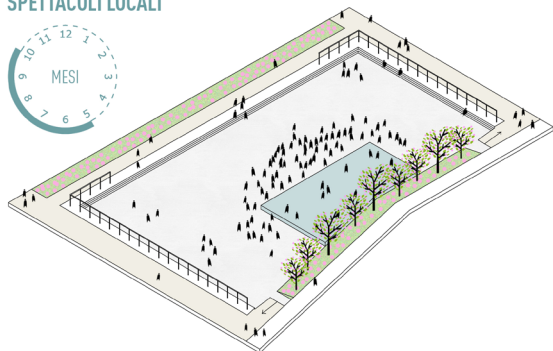
Durante i mesi invernali la piazza potrà trasformarsi in una pista di pattinaggio, diventando un polo attrattore di giovani e non che vogliono trascorrere alcune ore di spensieratezza.

FALO'

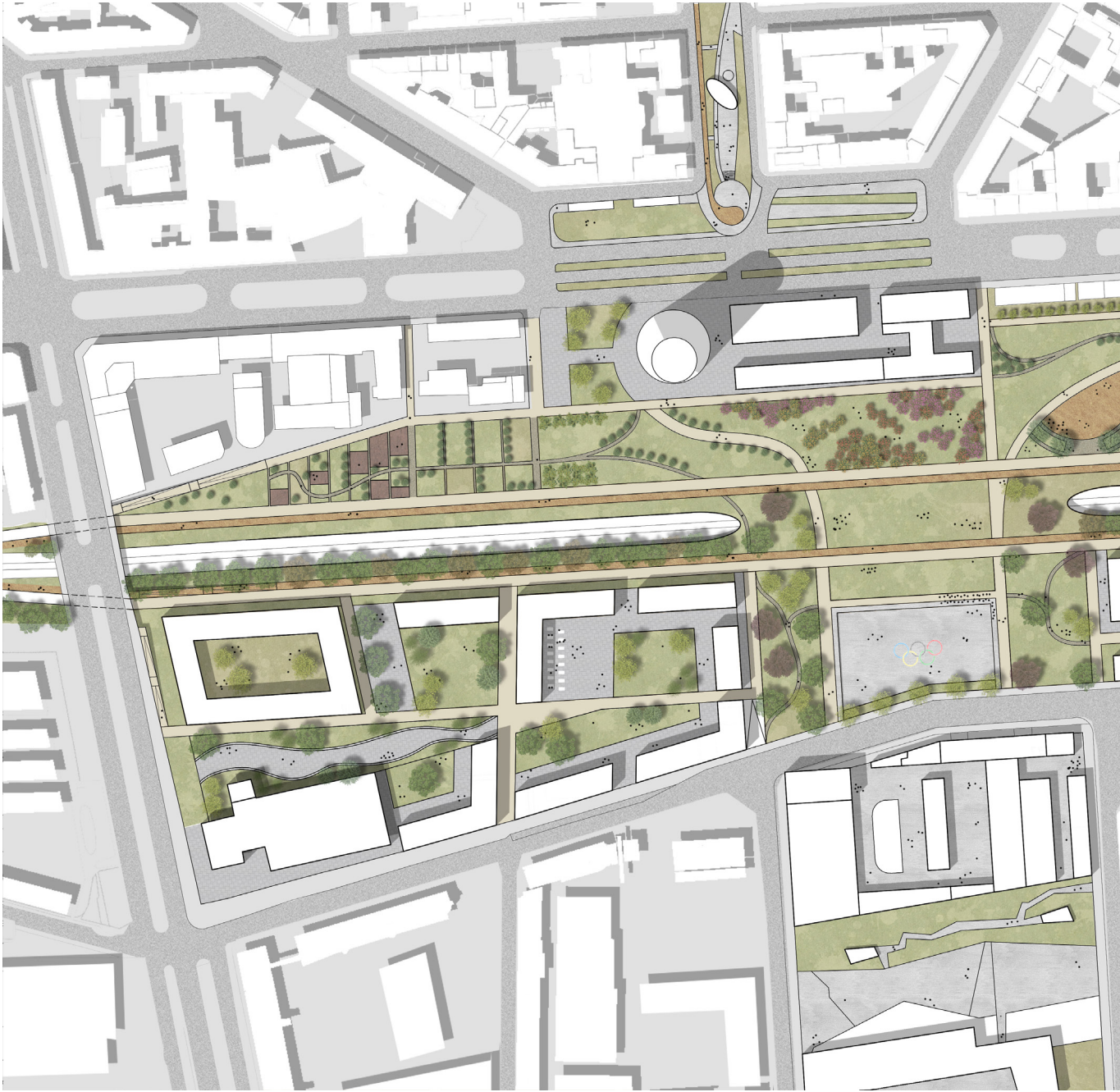


I cosiddetti "Giorni della Merla" sono secondo la tradizione gli ultimi tre giorni di gennaio e sarebbero i più freddi dell'anno. In questa occasione è ricorrenza bruciare un fantoccio di paglia per avvicinare la fine dell'inverno. La piazza potrebbe essere attrezzata per ospitare questa tradizione.

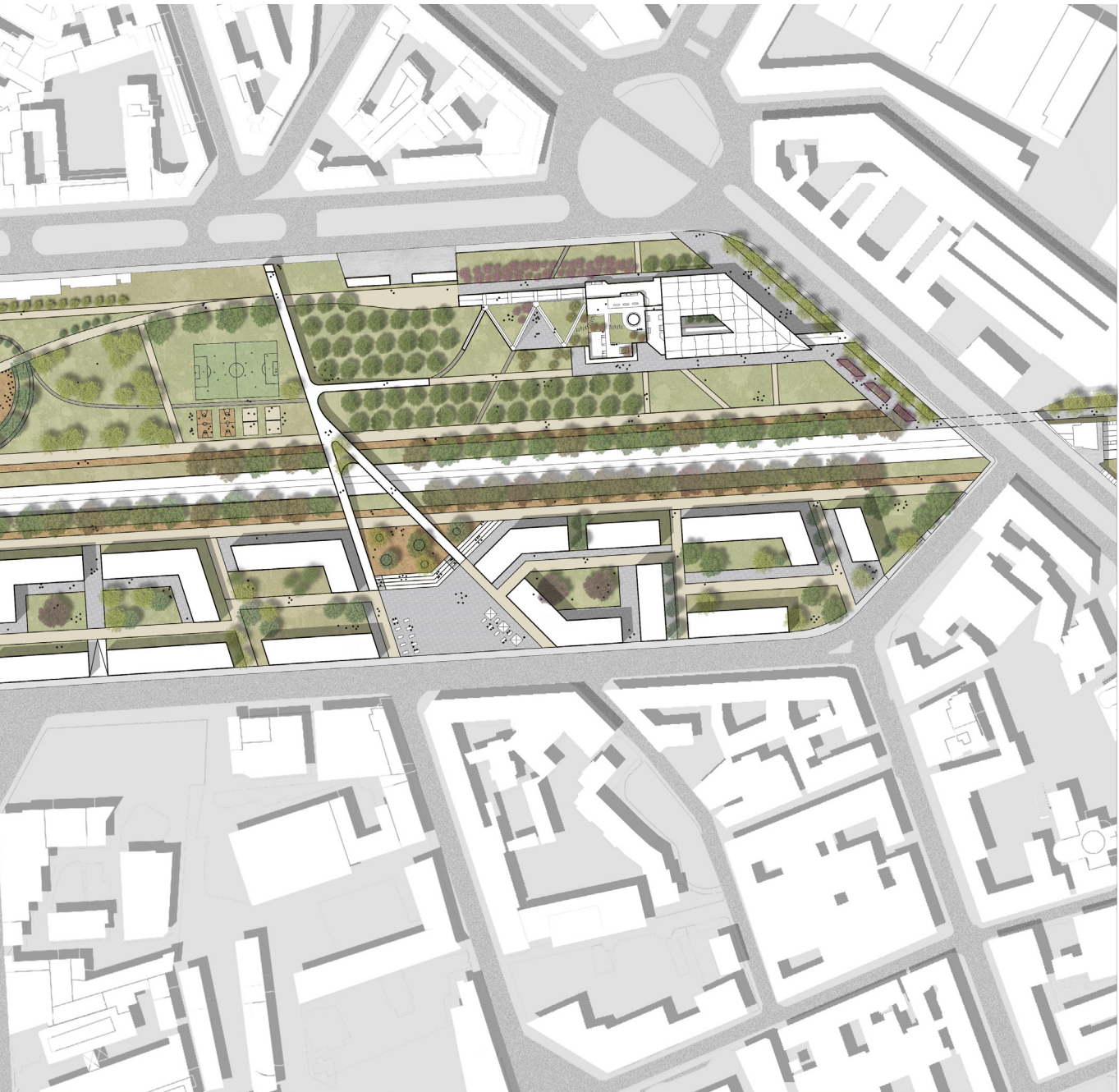
SPETTACOLI LOCALI



Spettacoli locali e manifestazioni politiche potranno essere svolte con il posizionamento di un palco a ridosso di via Giovanni Lorenzini, da dove l'oratore potrà parlare al suo pubblico.



Estratto15: Masterplan



INTEGRAZIONE MOBILITÀ ELETTRICA

MOBILITÀ LENTA E AUTONOMA

Il nuovo masterplan di Porta Romana prevede l'implementazione di un'innovativa tipologia di mobilità. L'area si caratterizza per l'assenza di strade carrabili all'interno del lotto, preferendo invece una mobilità di tipo sostenibile. Viene prevista l'integrazione di due tipi di mobilità elettrica: mobilità lenta, quali monopattini e biciclette ed una mobilità autonoma costituita da PODS. Questa ultima si serve di due differenti percorsi: il primo interno al lotto di progetto, costituito da corsie preferenziali mentre il secondo, in una visione maggiormente futuristica, prevede l'implementazione della mobilità autonoma nell'impianto viabilistico milanese. Nella prima configurazione le due arterie principali Est-Ovest, parallele ai binari ferroviari, ramificandosi in punti strategici, collegano il lotto garantendo un rapido e sicuro spostamento. Nella seconda tipologia di percorsi i PODS necessitano di un livello di guida autonoma di livello 5, che consenta la

piena integrazione della mobilità autonoma nel traffico cittadino. Questo livello di guida non è stato ancora concretamente raggiunto anche se differenti case automobilistiche si stanno adoperando per il raggiungimento di tale obiettivo. In entrambi gli scenari è prevista la ricarica in sito come analizzato nei precedenti studi di e-CITY, riuscendo così a garantire un sistema efficiente e sostenibile. All'interno del masterplan vengono previsti due distinti punti di ricarica, entrambi alimentati dagli impianti di produzione di energia elettrica previsti all'interno del quartiere. Per permettere una gestione ottimale dei flussi si è studiata l'ottimizzazione dei tempi di percorrenza dei PODS.

Stando al passo coi tempi, la mobilità lenta è composta non solo da biciclette ma anche dall'introduzione di un sistema di monopattini elettrici condivisi.

L'introduzione di tutti questi sistemi di mobilità consente i rapidi spostamenti nell'ultimo miglio, andando così a colmare una lacuna delle infrastrutture precedenti.

MOBILITÀ VEICOLARE PRIVATA

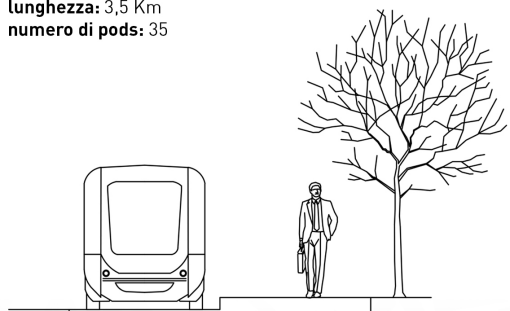
Nonostante l'assenza di accessi ai veicoli all'interno dell'ex scalo ferroviario, la presenza di edifici residenziali e polifunzionali comporta la necessità di garantire parcheggi, che vengono posizionati nella porzione Sud-Ovest del masterplan al livello -1 del villaggio olimpico. In questi parcheggi sono

installati una serie di sistemi intelligenti di ricarica. Infatti, la presenza della ricarica delle auto elettriche all'interno del bilancio energetico dell'edificio risulta un elemento fondamentale nel concetto di comunità energetica approfondito nel tema di tesi.

STEP 1: Percorsi interni

I percorsi interni sono caratterizzati da una carreggiata completamente dedicata per mantenere un adeguato livello di sicurezza all'interno dell'area.

bacino d'affluenza: 4000 persone
lunghezza: 3,5 Km
numero di pods: 35

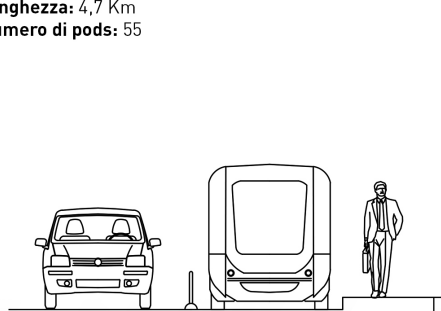


Estratto16: Percorsi interni al lotto

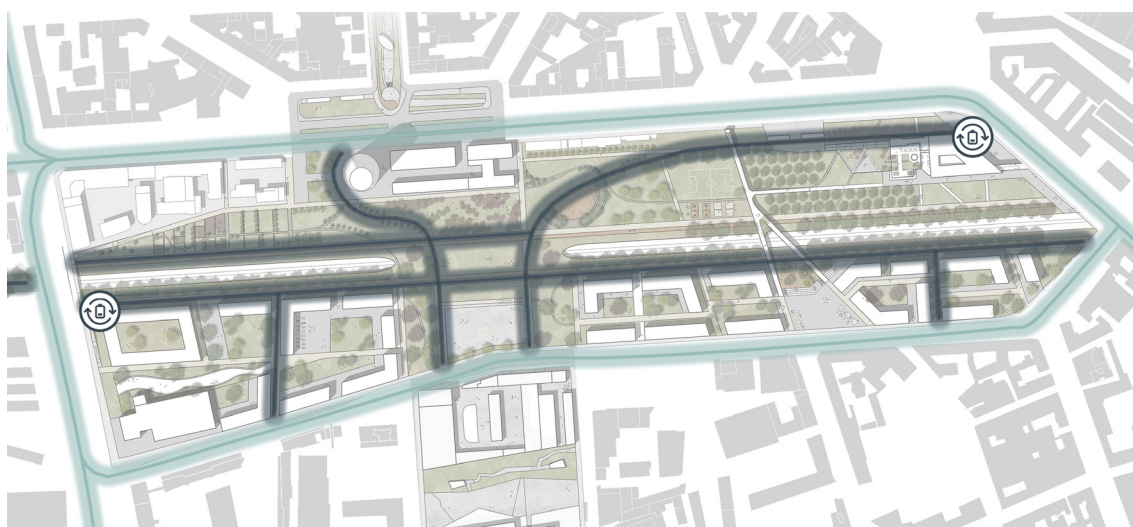
STEP 2: Percorsi esterni

I percorsi esterni presentano una maggiore interazione con il contesto e di conseguenza una maggiore complessità, si rende quindi necessaria un livello di guida autonoma di livello 5.

bacino d'affluenza: 10000 persone
lunghezza: 4,7 Km
numero di pods: 55



Estratto17: Percorsi esterni al lotto



Estratto18: Integrazione PODS

NOTE

1. Faglia B, "La forma urbana di Milano, evoluzione storica e urbanistica". Politesi, 2016
2. Comune di Milano, Relazione illustrativa AdP. 2009
3. Encyclopaedia Britannica, www.britannica.com/topic/Stockton-and-Darlington-Railway
4. Vercelloni V., "Atlante storico di Milano, città di Lombardia". 1989
5. <https://www.milanoincontrotemporanea.com/cosa-resta-di-porta-romana>
6. <https://www.assolombarda.it/>
7. <https://www.appsso.eurostat.ec.europa.eu>
8. <https://www.topuniversities.com/university-rankings>
9. <https://www.cresme.it/>
10. <https://www.sigest.it/>
11. <https://> "Milano, stop grattacieli sì agli alloggi per i giovani. Sala: "Per le case a 10mila euro al metro finita la richiesta"", in La Repubblica, 25 gennaio 2017
12. <http://www.scalimilano.vision/>
13. <https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/urbanistica-ed-edilizia/attuazione-pgt/scali-ferroviari-accordo-di-programma>
14. <https://www.lagenziadiviaggi.it/circle-line-la-nuova-vita-degli-ex-scali-merci-milano/>
15. http://download.comune.milano.it/27_06_2017/ADP_SCALI_MI_ALL%20U_DVS.pdf
16. http://download.comune.milano.it/08_04_2015/Trivellini_Casagrande%20.pdf

17. <https://blog.urbanfile.org/2017/12/05/milano-urbanistica-oltre-25-milioni-euro-le-rotaie-verdi/>
18. <https://www.parlament.ch/it/ratsbetrieb/suche-curia-vista/>
19. <https://www.wearch.eu/a-sud-dello-scalo-di-porta-romana/>
20. <https://www.pgt.comune.milano.it/documento-di-piano>
21. https://www.comune.milano.it/documents/20126/1574375/D_01_Ambiti_trasformazione___AttiRic_2016_4_Sud+Ovest_U.pdf/
22. <http://www.fondazioneprada.org/>
23. <https://areasymbiosis.com/>
24. https://www.unibocconi.it/wps/wcm/connect/bocconi/sitopubblico_it/albero+di+navigazione/home/campus+e+servizi/campus+urbano+bocconi/il+nuovo+campus/

RIFERIMENTI

Estratto01: Divisione superfici all'interno del lotto - Tavola21

Estratto02: Analisi SWOT - Tavola15

Estratto03: Tavola delle criticità - Tavola18

Estratto04: Tavola delle potenzialità - Tavola19

Estratto05: Mobilità sostenibile - Tavola20

Estratto06: Ricucitura urbana - Tavola20

Estratto07: Società e cultura - Tavola20

Estratto08: Vision - Tavola22

Estratto09: ConceptPlan - Tavola23

Estratto10: Volume tipologia edilizia - Tavola26

Estratto11: Scelta specie arboree - Tavola28

Estratto12: Disposizione delle specie arboree - Tavola29

Estratto13: Inquadramento piazza principale - Tavola24

Estratto14: Scenari di utilizzo della piazza - Tavola27

Estratto15: Masterplan - Tavola24

Estratto16: Percorsi interni al lotto - Tavola30

Estratto17: Percorsi esterni al lotto - Tavola30

Estratto18: Integrazione PODS - Tavola30

Figura01: Evoluzione di Milano attraverso i piani urbani
Figura02: Inquadramento degli scali ferroviari
Figura03: Quartire di Porta Romana mappa della Guida Savallo, 1906
Figura04: Prezzo abitazioni al m²
Figura05: Reddito medio annuo pro capite
Figura06: Densità di popolazione
Figura07: Vista verso Est dalla stazione ferroviaria di Porta Romana
Figura08: Vista dello scalo di Porta Romana
Figura09: Circle line degli scali milanesi
Figura10: Vista sul cavalcavia di Corso Lodi
Figura11: Analisi trasporto privato
Figura12: Milano Bligny Parking
Figura13: Autosilo Medaglie D'Oro
Figura14: Vittadini Parking
Figura15: Analisi parcheggi
Figura16: Stazione FS di Porta Romana
Figura17: Fermata MM3 Porta Romana
Figura18: Vista aerea scalo di Porta Romana
Figura19: Tram in Porta Romana
Figura20: Analisi trasporto pubblico
Figura21: Fermata BikeMi
Figura22: Itinerari ciclabili
Figura23: Analisi mobilità lenta
Figura24: Fondazione Prada
Figura25: Teatro Carcano
Figura26: Teatro Franco Parenti
Figura27: Cristun de Ciment
Figura28: Analisi attrezzature di interesse comune
Figura29: Università Bocconi
Figura30: IFOM
Figura31: Università degli studi di Milano
Figura32: Analisi servizi per l'istruzione
Figura33: Centro sportivo Forza e Coraggio
Figura34: Centro sportivo Savorelli
Figura35: Piscine bagni misteriosi vista frontale
Figura36: Piscine bagni misteriosi vista laterale

Figura37: Attrezzature sportive
Figura38: Ospedale G. Pini
Figura39: Ospedale Maggiore Policlinico
Figura40: Attrezzature per la cura
Figura41: Basilica San Calimero
Figura42: Chiesa San Fracescco Sales
Figura43: Attrezzature religiose
Figura44: Esselunga di via Ripamonti
Figura45: Centro commerciale Piazzale Lodi
Figura46: Via Sabotino
Figura47: Aree commerciali
Figura48: Torre A2A lato Nord
Figura49: Torre A2A lato Sud
Figura50: Symbiosis Milano
Figura51: Progetto Symbiosis Milano
Figura52: Interventi in realizzazione
Figura53: Grand Visconti Palace
Figura54: Zambala luxury residence
Figura55: Strutture ricettive
Figura56: Analisi tessuto urbano
Figura57: Parco Alessandrina Ravizza
Figura58: Parco memorie industriali
Figura59: Parco Vittorio Formentano
Figura60: Parco Emilio Alessanddrini
Figura61: Analisi verde urbano
Figura62: Inquadramento luoghi olimpiadi 2026
Figura63: Nuvola di parole
Figura64: Localizzazione dei casi studio
Figura65: Ex-Moi
Figura66: Masterplan Ex-Moi
Figura67: Clichy Batignolles
Figura68: Masterplan Clichy Batignolles
Figura69: Olympic Park Legacy
Figura70: Masterplan Olympic Park Legacy
Figura71: King Cross
Figura72: Masterplan King Cross

Figura73: The Pearl District
Figura74: Masterplan the Pearl District
Figura75: Perth City Link
Figura76: Masterplan Perth City Link
Figura77: Mobilità lungo corso Lodi
Figura78: Passaggio del treno all'interno dello scalo
Grafico01: Trend delle persone che vivono a Milano
Grafico02: Trend nascite e decessi a Milano
Grafico03: Tendenza dell'immigrazione dell'emigrazione
Grafico04: Età dei residenti a Milano
Grafico05: Potenzialità strategiche
Grafico06: Frequenza di servizio attuale
Grafico07: Frequenza di servizio in prospettiva: Cintura Nord CinturaSud e Est
Grafico08: Concept rotaie verdi
Grafico09: Mobilità sostenibile
Grafico10: Ricucitura urbana
Grafico11: Società e cultura
Scheda01: Forze
Scheda02: Debolezza
Scheda03: Opportunità
Scheda04: Minacce
Tabella01: Caratteristiche dei casi studio
Tabella02: Comparazione dei casi studio
Tabella03: Valutazione dei casi studio

CAPITOLO 4

IDEA STORE

“L'architettura è un pretesto. Importante è la vita importante è l'uomo”

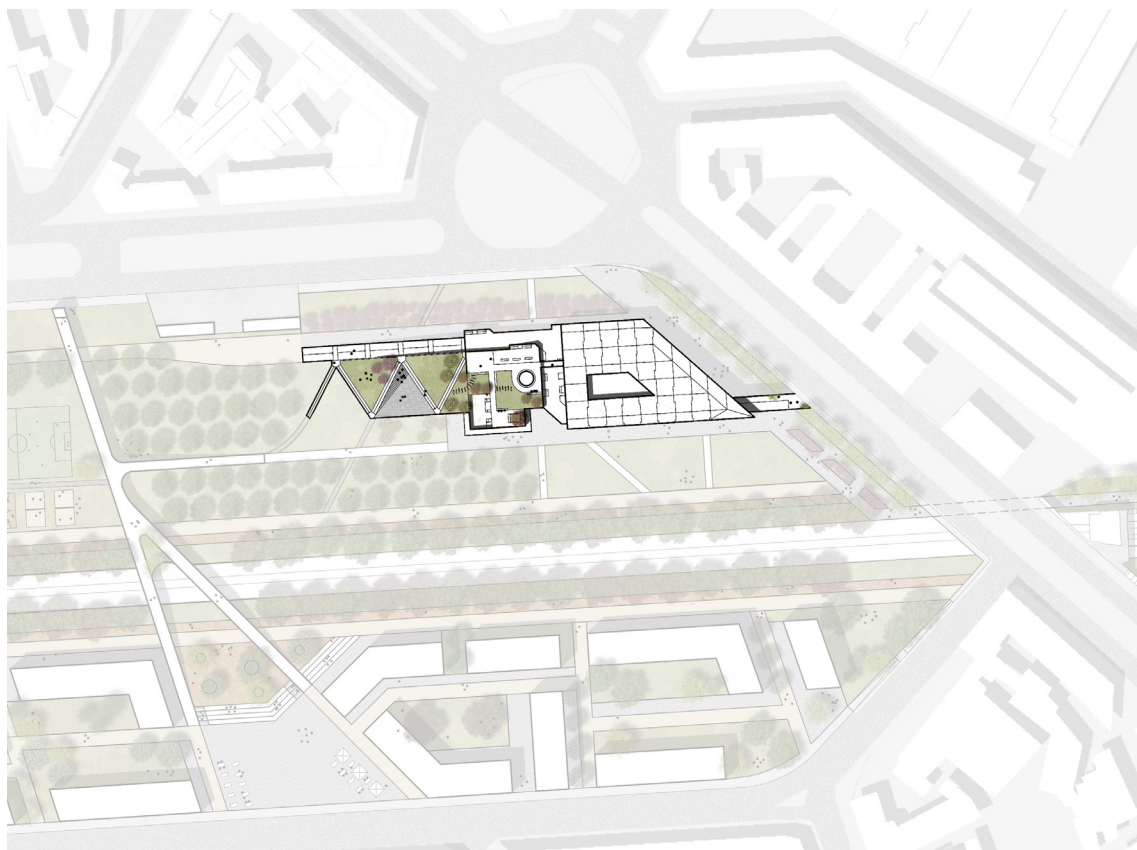
Oscar Niemeyer

CAPITOLO 4.1

CONCEPT e DESIGN

LOCALIZZAZIONE

L'edificio tema di approfondimento è stato posizionato a nord-est del masterplan, in un punto strategico nei pressi della rotonda di incrocio tra viale Isonzo, viale Umbria e corso Lodi. Dalle analisi urbanistiche precedentemente effettuate piazzale Lodi risulta il centro di fermata per molte vie di trasporto urbano. Attorno a questo snodo è possibile notare la presenza di una fermata della linea gialla della metropolitana, Lodi Tibb, diverse fermate di autobus e tram ed a pochi passi, al di fuori dell'area dello scalo, la stazione ferroviaria di Milano Porta Romana. Le infrastrutture di trasporto permettono ai fruitori del nuovo edificio di essere connessi in modo rapido e sicuro con tutti i punti nevralgici della città, ed al tempo stesso garantiscono all'area stessa un flusso costante di soggetti che la rendono particolarmente viva ed attiva nelle ore diurne. La passerella sopraelevata che taglia trasversalmente il nuovo parco urbano da nord a sud permette il raggiungimento dei mezzi di trasporto pubblici in tempi minori anche per le persone dei quartieri limitrofi.



Estratto01: Localizzazione edificio principale

RIFERIMENTI

IDEA STORE WHITECHAPEL

ADJAYE ASSOCIATES, Londra, 2004

Gli Idea Stores sono dei servizi pubblici innovativi, che si propongono da un lato di colmare la distanza esistente tra i servizi bibliotecari e l'istruzione degli adulti, dall'altro di sostituire l'immagine tradizionale della biblioteca con servizi più moderni ed attraenti, utilizzando a questo scopo il linguaggio architettonico delle strutture commerciali. Sono un'iniziativa nata sulla base di un'indagine svolta tra gli utenti potenziali dei servizi bibliotecari. Il dato più significativo emerso riguarda la localizzazione delle biblioteche, la maggior parte degli intervistati afferma che le utilizzerebbe maggiormente i servizi bibliotecari se questi fossero collocati in aree frequentate già per altri motivi. Nell'edificio si è deciso di associare alla biblioteca un open space semipubblico per l'attività di smart working e sale più private utilizzabili come meeting room o workshop¹.

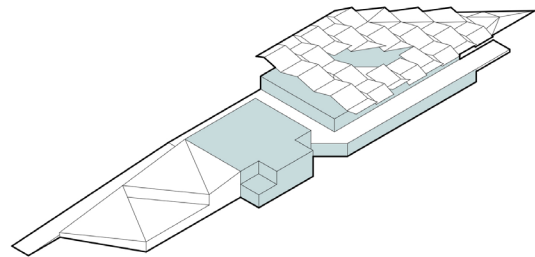


Figura01: Idea Store

FONDAZIONE STAVROS

RENZO PIANO, Atene, 2016

Il centro culturale situato nella baia di Faliro ad Atene, simbolo del riscatto e della rinascita del popolo greco dopo la crisi economica, contiene il teatro dell'opera ed una biblioteca. L'intero complesso è sormontato da una copertura in ferrocemento, simile ad una lama, sostenuta da una trentina di pilastri in acciaio². Sulla superficie superiore è presente una distesa di pannelli fotovoltaici che generano l'energia necessaria all'intero impianto. Esternamente è caratterizzata dalla presenza di un'ampia rampa verde di collegamento tra edificio ed il parco urbano circoscritto ad esso. Il dislivello viene superato con un intreccio di percorsi ciclopedonali distinti attraverso la disposizione di differenti specie arboree³. Sfruttando questo stratagemma è possibile garantire la continuazione del verde urbano anche sulla piazza sopraelevata del nostro progetto.

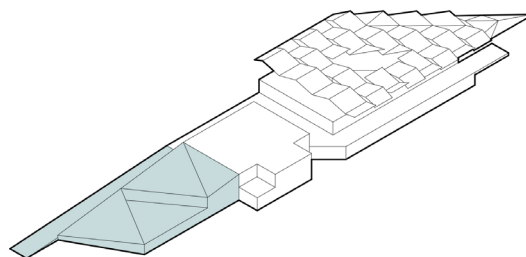


Figura02: Rampa Fondazione Stavros

VIEUX PORT

NORMAN FOSTER, Marsiglia, 2013

Vieux Port è stata progettata per l'inaugurazione di Marsiglia come città europea per la cultura nel 2013. Essa è un'installazione permanente costituita da un'ampia copertura poggiate su esili pilastri che presenta una particolarità nella finitura sottostante. La presenza di una moltitudine di specchi permette la riflessione, non solo delle persone di passaggio, ma anche dell'acqua del mare. Nel nostro progetto l'intento è quello di sfruttare l'effetto specchio per svelare alle persone passanti ai piedi dell'edificio le funzioni e le attività che hanno luogo nella piazza sopraelevata. Questo espediente servirà per attrarre nuovo pubblico all'interno dell'impianto garantendo uno scorcio su uno dei punti focali del progetto e che ospiterà durante il corso del tempo attività differenti ma che porteranno un gran flusso di persone e spettatori⁴.

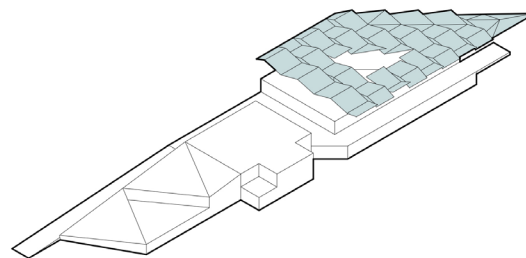


Figura03: Copertura Vieux Port

CONCEPT

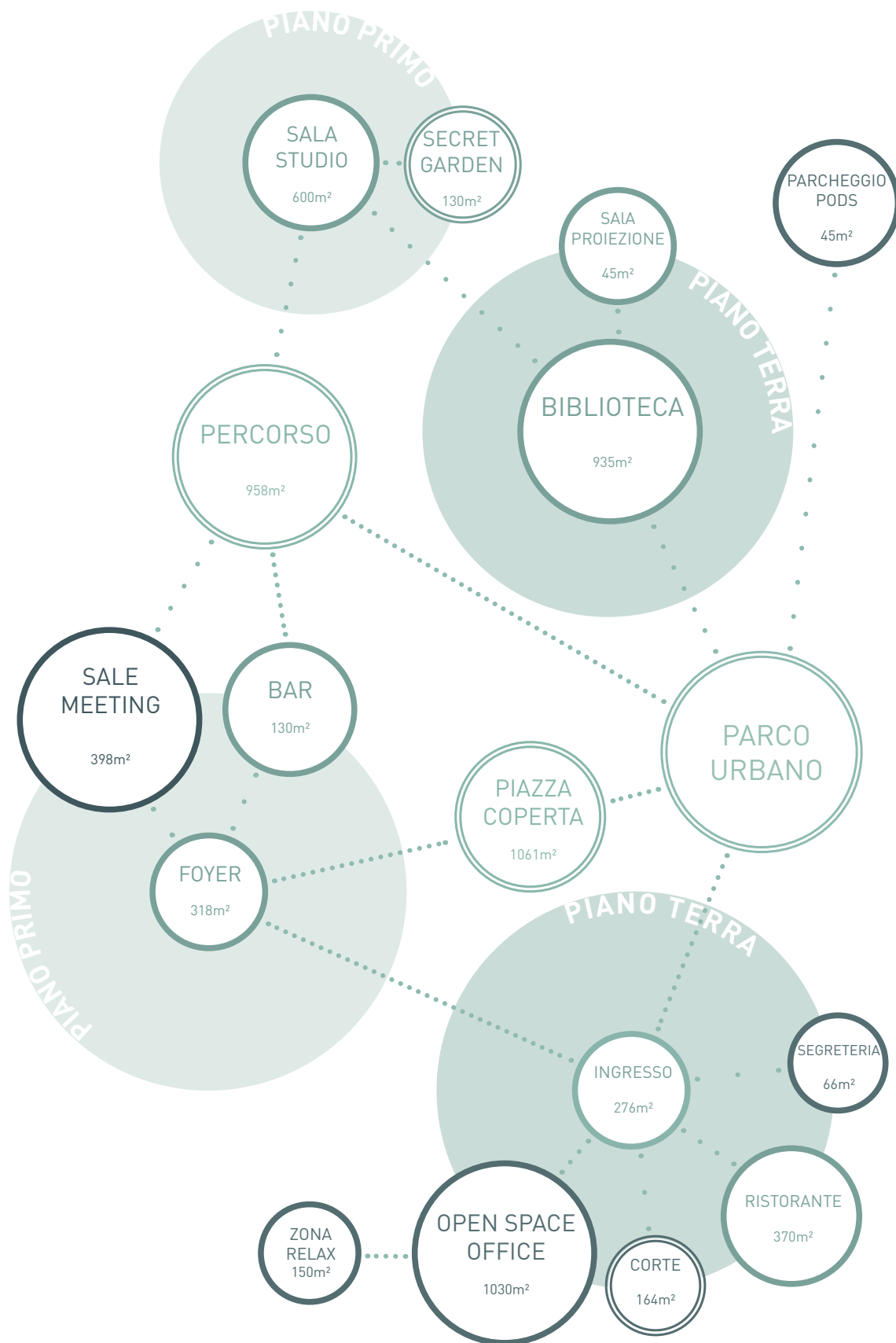
Inserendosi in un'area dinamica ed in continua trasformazione la volontà è quella di creare un ulteriore polo attrattivo che sia riferimento soprattutto per studenti e lavoratori. Sulla base del concetto di Idea Store si è deciso di affiancare ai servizi bibliotecari un complesso di uffici più o meno privati, il tutto racchiuso in un'architettura accattivante.

Tutte le funzioni principali al piano terra presentano un collegamento diretto con il parco urbano in cui l'edificio è inserito; caratteristica che permette di lavorare essendo inseriti in un contesto più verde che urbano e che al tempo stesso viene sfruttata per facilitare i percorsi e le uscite d'emergenza.

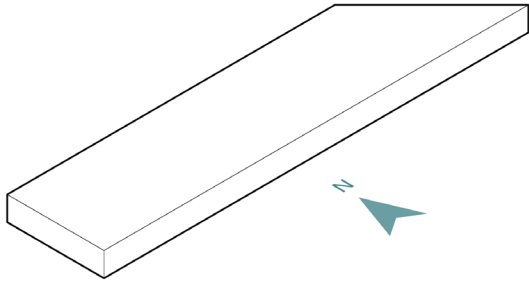
Al piano primo le varie funzioni si relazionano attraverso un percorso in quota che le connette garantendone anche una via di sicurezza in caso di situazioni di pericolo. Al tempo stesso questo percorso, in una delle sue estremità, decresce fino alla quota del parco urbano congiungendo quest'ultimo con l'edificio stesso.

Le funzioni vengono inserite in un volume definito attraverso un ragionamento che segue passaggi logici e scelte progettuali. L'edificio nasce da un semplice parallelepipedo con appropriato orientamento, esso viene modellato in modo da mettersi in relazione con il parco ed il contesto circostante. L'intenzione di distinguere, anche architettonicamente, le diverse funzioni e la volontà della creazione di un percorso in quota genera la volumetria finale dello stabile. Il posizionamento di una imponente copertura sopraelevata in modo da generare una piazza coperta sottostante completa lo sviluppo del concept.



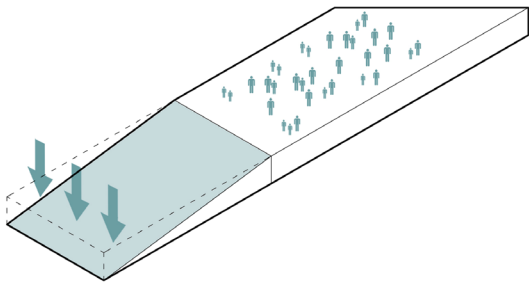


Estratto02: Overview



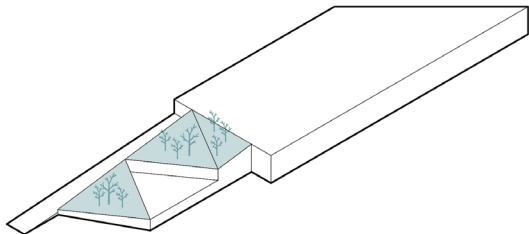
ORIENTAMENTO

L'edificio è orientato verso sud in maniera tale da massimizzare gli apporti solari e garantire un adeguato livello di illuminamento all'interno degli spazi di lavoro.



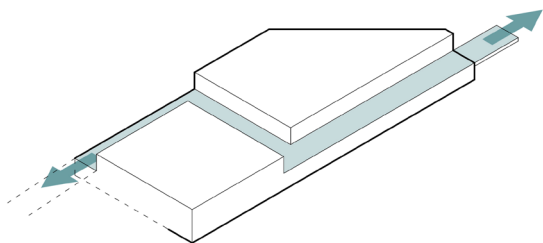
PIAZZA IN QUOTA

Creazione di una piazza sopraelevata, catalizzatrice delle attività culturali circostanti collegata al parco tramite una rampa verde.



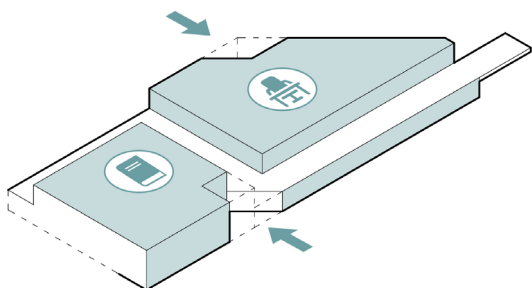
MODELLAZIONE RAMPA

Superamento del dislivello tramite una rampa che genera altrnativamente spazi verdi e pavimentati.



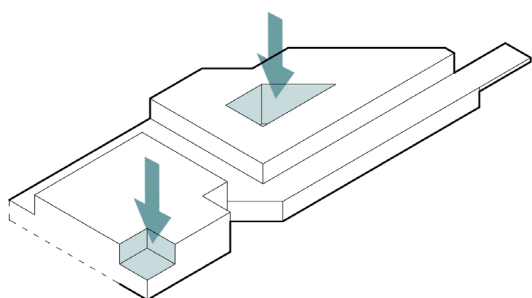
GENERAZIONE PERCORSO

Creazione di un percorso che colleghi Corso Lodi al parco, ottenuto dalla rigenerazione dello scalo ferroviario, attraverso l'edificio ed una passerella in quota.



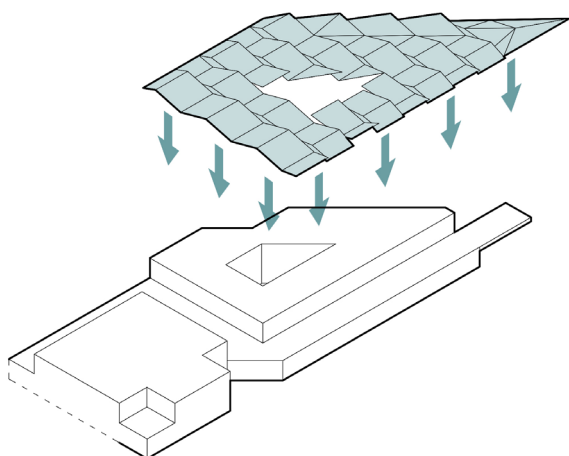
VOLUMI

I due volumi sono stati modellati con l'obiettivo di evidenziare gli accessi e garantire spazi aperti.



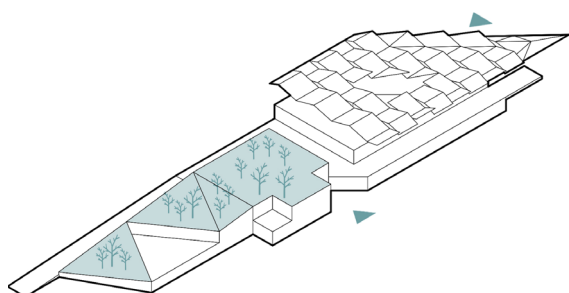
COMPENETRAZIONE VOLUMI

Per fornire un'adeguata quantità di luce naturale abbiamo creato una corte interna che permette inoltre una corretta gestione degli spazi di lavoro. Viene inoltre generato un "secret garden".



COPERTURA

Copertura aggettante che permette di controllare le radiazioni nel periodo estivo, di massimizzare la superficie di pannelli solari e garantire protezione alla piazza sottostante.



INGRESSI

L'ingresso principale rivolto a est permette il collegamento con i mezzi di trasporto pubblici, l'entrata alla biblioteca invece è affacciata sul parco.

DISTRIBUZIONE FUNZIONALE

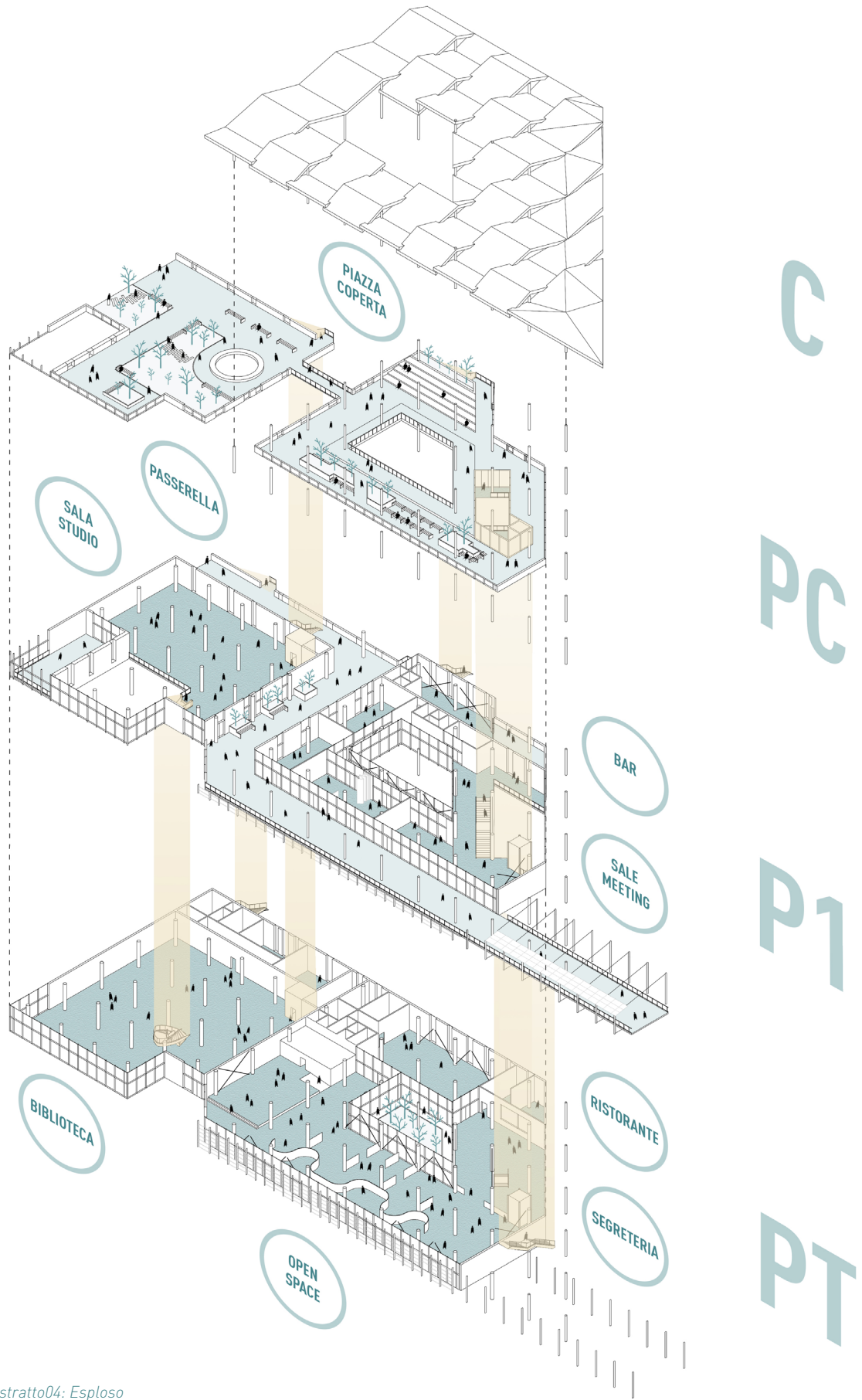
L'intero complesso si sviluppa su tre livelli differenti: piano terra, piano primo e piazza in copertura.

La porzione ovest ospita la biblioteca su entrambi i piani mentre la restante parte è occupata, al piano terra, da un open space ed al piano primo da diverse meeting room. Le due funzioni hanno accessi differenti, la biblioteca presenta un ingresso a sud, direttamente dal parco urbano, ed uno al piano primo lungo il percorso in quota, mentre l'ingresso per gli uffici si posiziona ad est, affacciato su viale Isonzo e piazzale Lodi.

I collegamenti verticali interni sono assicurati, nella biblioteca, da una scala circolare situata al centro del piano terra, invece, per quanto riguarda gli uffici, essi si compongono da un'ampia scala a doppia rampa posizionata in prossimità dell'ingresso principale. Entrambe le funzioni sono servite anche da ascensori che permettono l'abbattimento delle barriere architettoniche all'interno del progetto. Sono presenti delle scale esterne posizionate lungo il prospetto nord e quello est che garantiscono

la possibilità di raggiungere le varie quote dell'edificio in differenti punti. Questi elementi esterni, oltre a permettere il raggiungimento dei vari piani, mettono in relazione diretta il parco urbano, il percorso al piano primo e la piazza coperta; risultando inoltre utilizzati come possibili percorsi d'emergenza in caso di necessità.

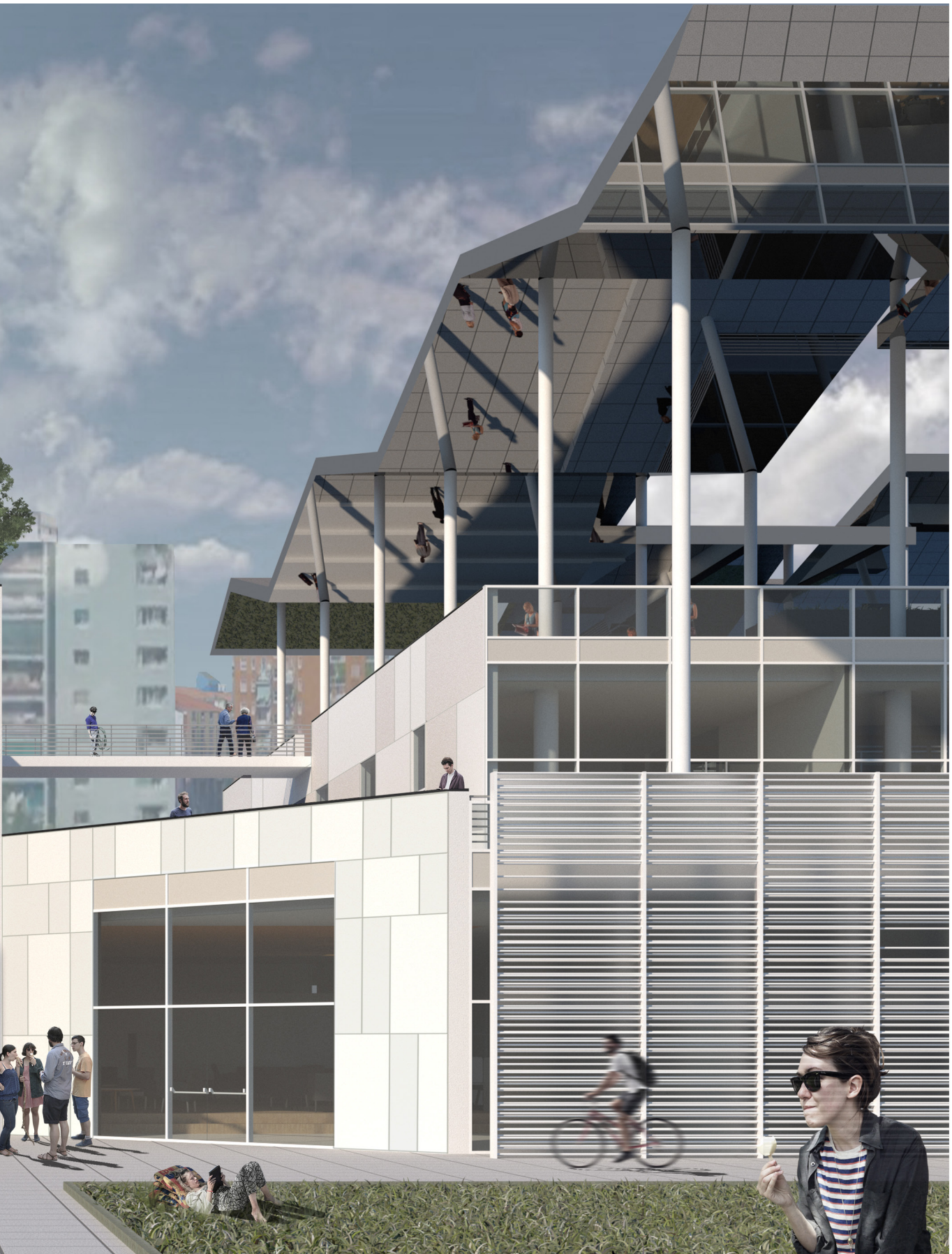
Durante il periodo di svolgimento dei giochi olimpici lo spazio degli uffici sarà destinato a stampa e media per lo svolgimento della loro attività lavorativa.



Estratto04: Esploso

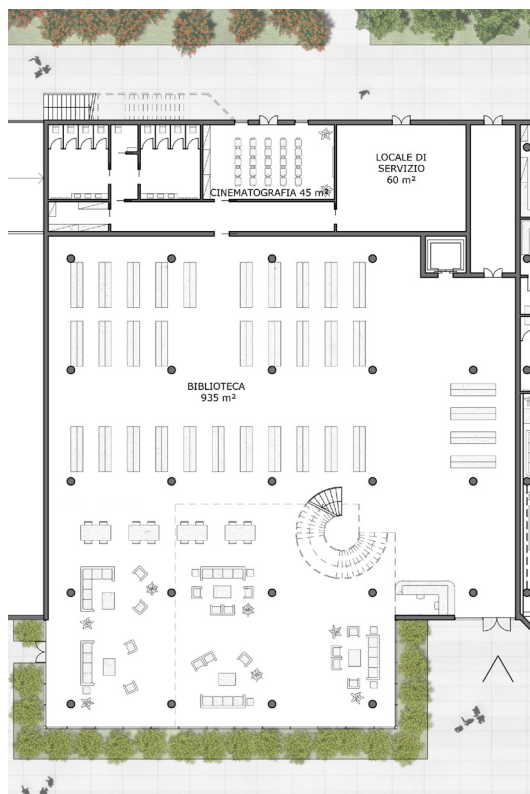


Estratto05: Vista sud, ingresso biblioteca



BIBLIOTECA: PIANO TERRA

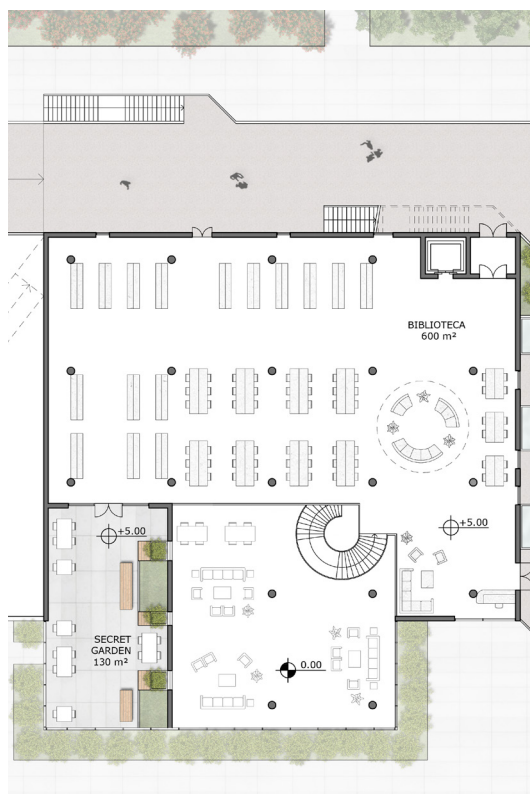
La biblioteca presenta al piano terra il suo ingresso principale servito da un help desk, per noleggio di libri e film. L'area viene divisa in tre fasce con funzioni distinte. A ridosso della facciata vetrata a sud, rivolta verso il parco, è prevista una funzione più informale in cui i cittadini possono recarsi, sfruttando la presenza di tavoli e sedute, per la lettura di quotidiani o la consultazione di libri in sito. Nella porzione centrale, oltre al sistema di risalita, sono presenti delle scaffalature per l'allocazione di libri e documenti. Nella banda più a nord sono presenti i servizi ed una sala cinematografica affittabile in cui è possibile assistere alla proiezione di pellicole cinematografiche. Viene posizionato anche un locale di servizi con duplice accesso, sia dall'interno che dall'esterno, per ottimizzare la gestione degli impianti.



Estratto06: Biblioteca piano terra

BIBLIOTECA: PIANO PRIMO

Al piano primo l'ingresso dal percorso in quota è posizionato sul lato est. A questo livello è prevista una disposizione di sedute e tavoli per lo studio individuale di studenti che cercano uno spazio ampio e silenzioso per concentrarsi. Il piano sopraelevato si affaccia su una doppia altezza utile per garantire una migliore illuminazione anche al pian terreno e la percezione di maggiore ampiezza per fruitori. Sul versante nord sono presenti due uscite di emergenza allarmate che in caso di pericolo sono utilizzate per svuotare velocemente l'intera biblioteca.



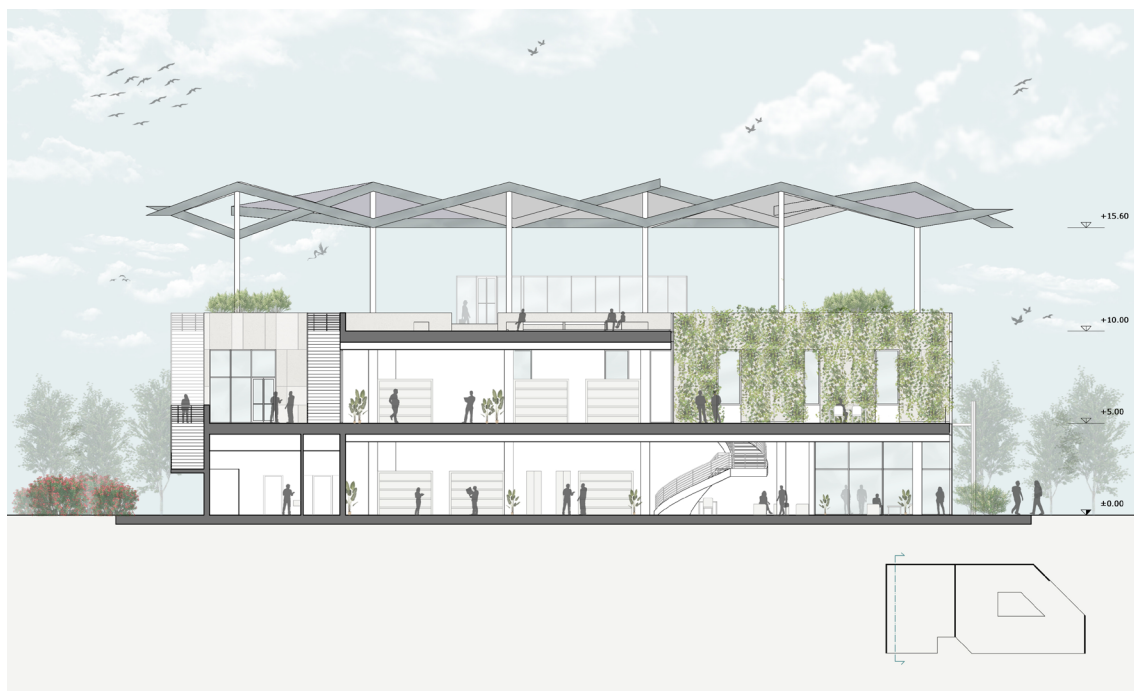
Estratto07: Biblioteca piano primo

BIBLIOTECA: SECRET GARDEN

La biblioteca, al piano primo, presenta una particolarità: un giardino in quota, il cui accesso è assicurato ai solo fruitori dei servizi bibliotecari, dove è possibile recarsi per studiare o leggere riviste.

Esso si presenta immerso nella vegetazione, con la presenza di piccoli arbusti ed una parete verde che risale fino in copertura; in questa parete le piante rampicanti sono intervallate da tagli vetrati che permettono la vista sulla doppia altezza interna della biblioteca.

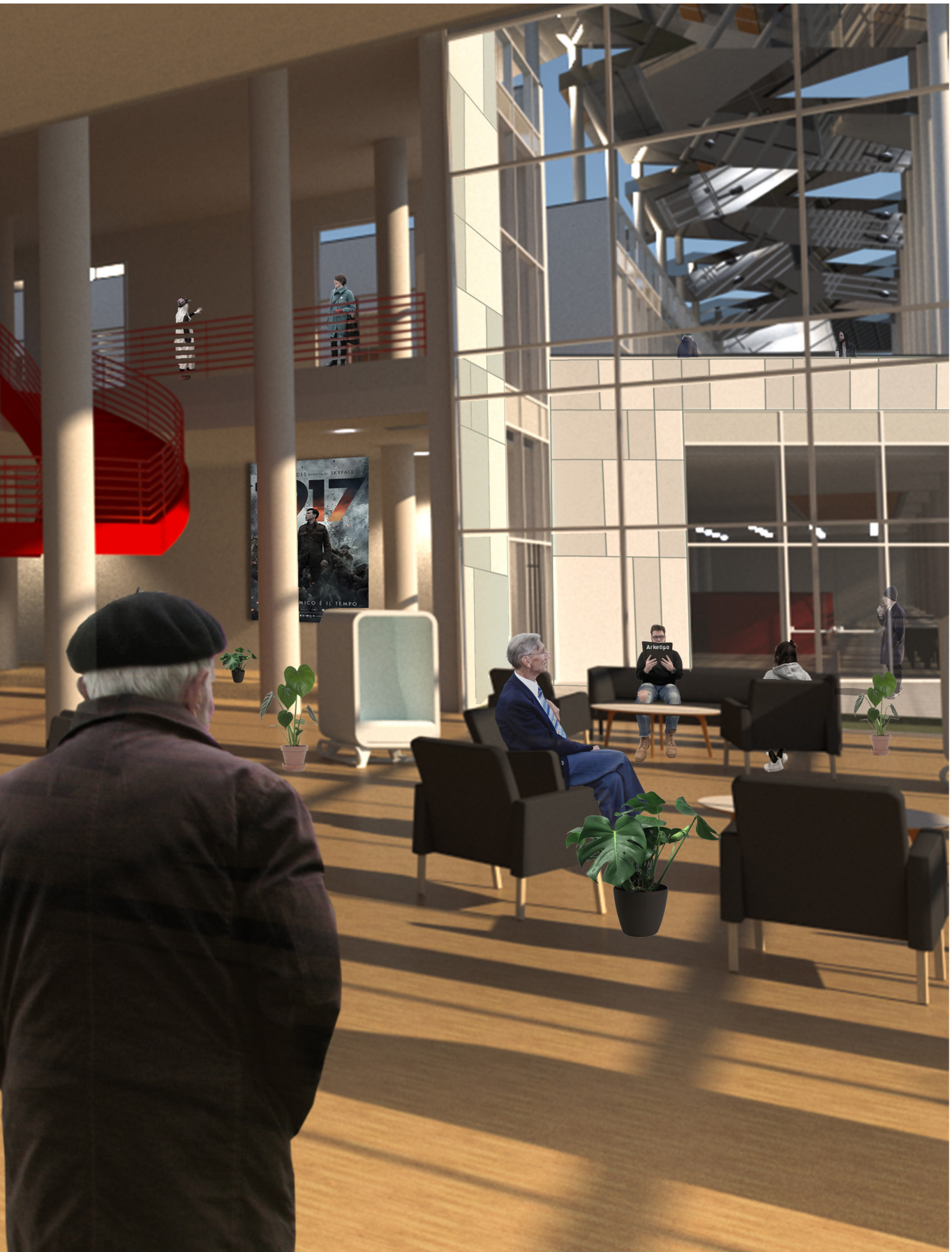
Il sistema di montanti e traversi della facciata continua della biblioteca risale, privo di vetri, fornendo l'appoggio per il parapetto e mascherando, in prospettiva, la presenza del secret garden. Questo sistema garantisce, al tempo stesso, una connessione visiva diretta con il parco urbano sottostante.



Estratto08: Sezione della biblioteca



Estratto09: Vista interna della biblioteca



UFFICI: PIANO TERRA

Il blocco principale dell'intero complesso si sviluppa attorno ad un giardino centrale e presenta differenti ingressi; il principale si apre su piazzale Lodi e viale Isonzo, mentre un'uscita secondaria permette l'accesso diretto al parco urbano.

La hall d'ingresso ospita, insieme al corpo scale e all'ascensore, una segreteria che gestisce l'affitto degli spazi di lavoro e alcune funzioni municipali. La zona semipubblica degli uffici al piano terra comprende un open space, con tavoli e sedute, un offhand space per lavori di gruppo ed un'area relax.

La terza funzione che contraddistingue quest'area è un ristorante che serve non solo pranzi di lavoro per l'utenza degli uffici ma, avendo un ingresso privato sul prospetto nord, ha clientela anche nelle ore serali quando tutto il resto dell'idea store è chiuso al pubblico.

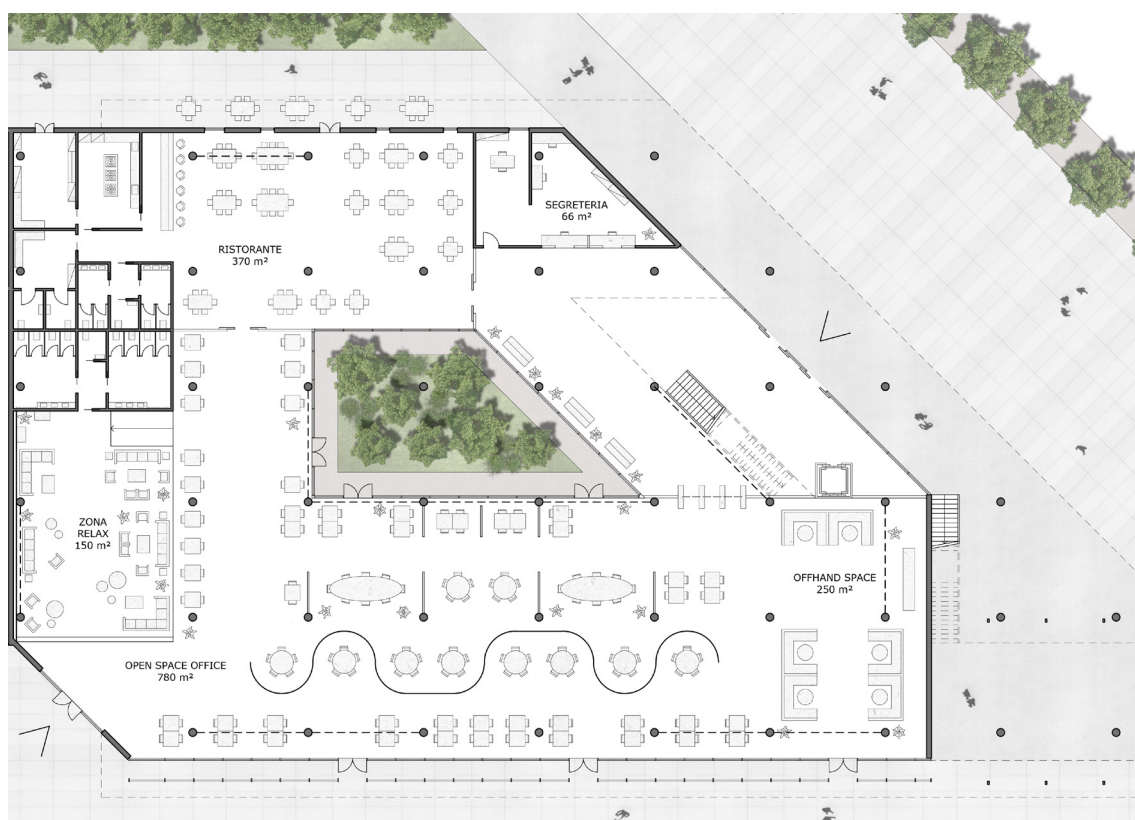


Figura10: Uffici open space piano terra

UFFICI: PIANO PRIMO

Il piano primo è caratterizzato da un corridoio, che si snoda intorno al vuoto centrale, a servizio delle varie meeting room. Agli estremi della doppia altezza che si affaccia sull'ingresso est trovano spazio due distinte aree relax.

Le meeting room sono uffici privati affittabili all'interno delle quali periodicamente vengono organizzati workshop per i cittadini come, ad esempio, corsi d'inglese o d'informatica; ogni singolo ufficio gode di un'uscita diretta sul percorso che attraversa l'intero edificio.

Sul prospetto nord si affaccia un bar, collegato direttamente anche al corridoio interno, utilizzato non solo dai fruitori degli uffici ma anche dai soggetti che attraversano la passerella.

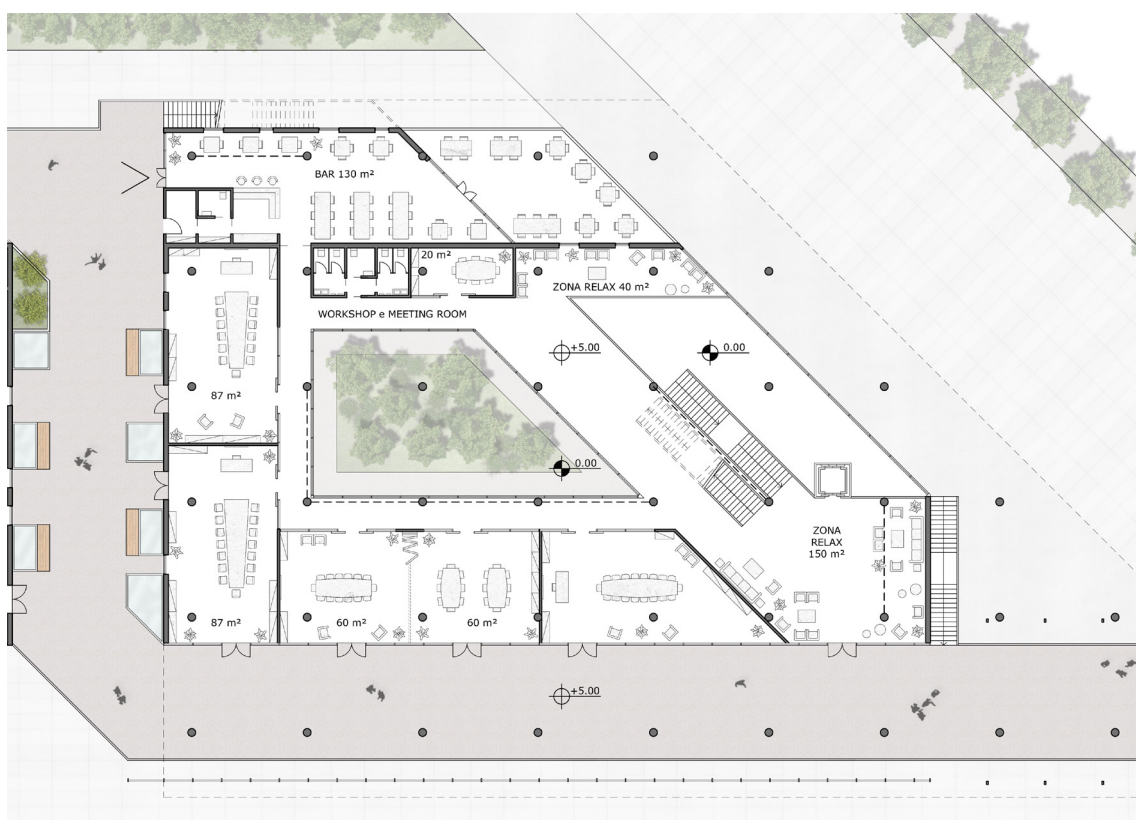


Figura11: Meeting room piano primo

UFFICI: GIARDINO INTERNO

La corte interna ed il relativo giardino sono l'elemento caratteristico del volume degli uffici. Il vuoto centrale conferisce un'organizzazione degli spazi di lavoro interni, permettendo, al tempo stesso, alla luce di penetrare fino al centro del piano terra garantendo un'adatta illuminazione. Si tratta di un'area privata utilizzabile solamente dall'utenza degli uffici con un tracciato piastrellato perimetrale e un prato con alberi e arbusti nella porzione centrale. La vegetazione posizionata al suo interno fornisce una vista su uno scenario naturale che permette ai lavoratori di staccare dalla monotonia di un ambiente standard di lavoro.



Estratto12: Sezione degli uffici



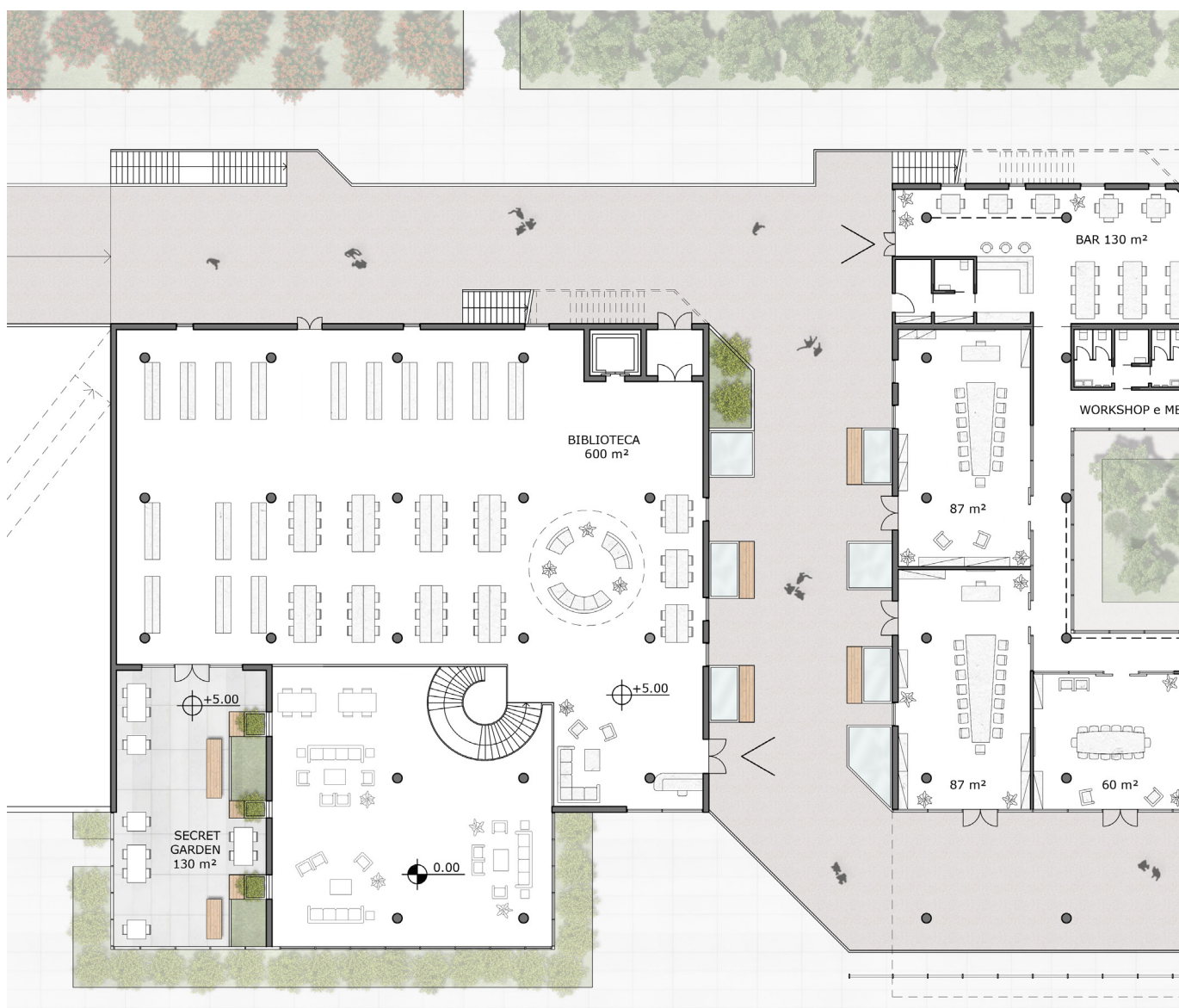
Estratto13: Vista interna, corridoio sale meeting



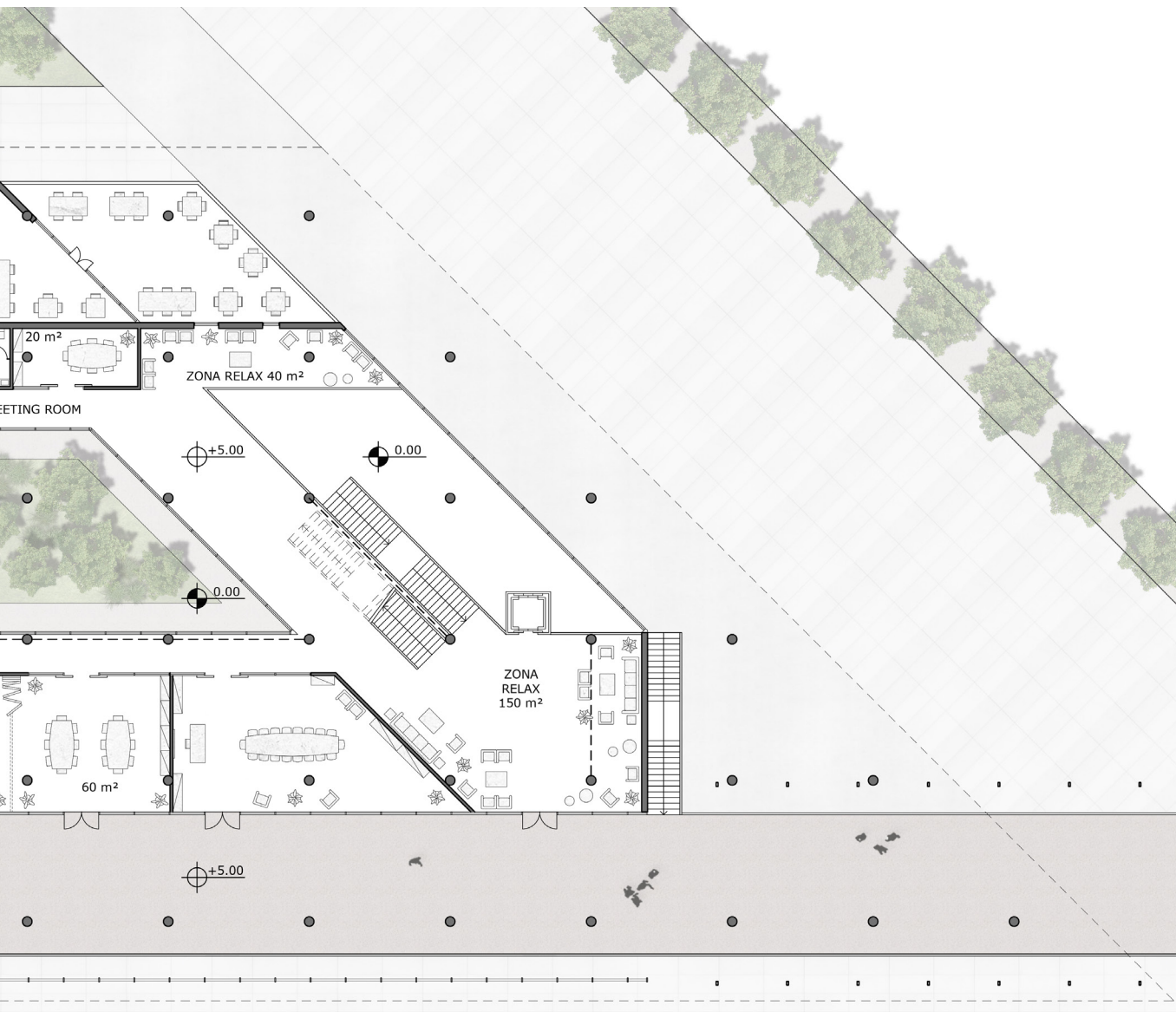
PERCORSO AL PIANO PRIMO

Il percorso collega il parco urbano, ottenuto dalla rigenerazione dello scalo, con corso Lodi mediante la compenetrazione dei volumi dell'edificio ed una passerella in quota. Verso il parco il percorso decresce con lieve pendenza costante e interruzioni pianeggianti fino al livello di connessione mentre dall'estremità opposta la passerella sospesa garantisce la continuità per gli ultimi 50 metri. Si tratta di un tracciato ciclo pedonale che rende dinamico l'intero progetto garantendo un collegamento

diretto che precedentemente non esisteva. Il percorso fa anche parte del sistema di risalata che permette di raggiungere la piazza in copertura dato che, in particolare sul lato nord, esso è intersecato da scale esterne. Per lo spazio che nasce tra il volume della biblioteca e quello degli uffici è stata prevista un'area di sosta con panchine intervallate da vetrate che permettono il passaggio della luce per garantire un discreto illuminamento all'area relax sottostante.



Estratto14: Pianta piano primo





Estratto 15: Vista ingresso est e passerella

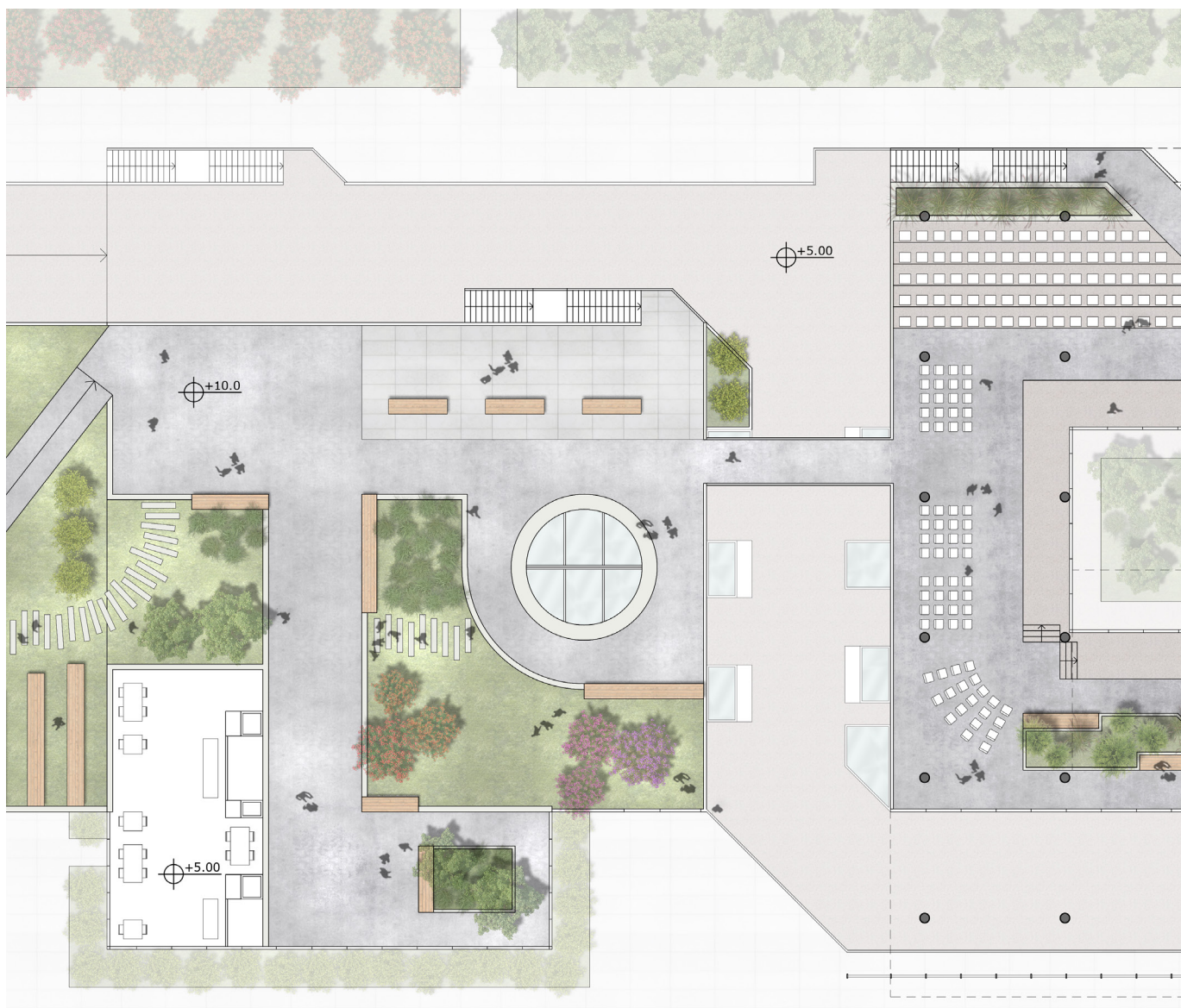


PIAZZA COPERTA

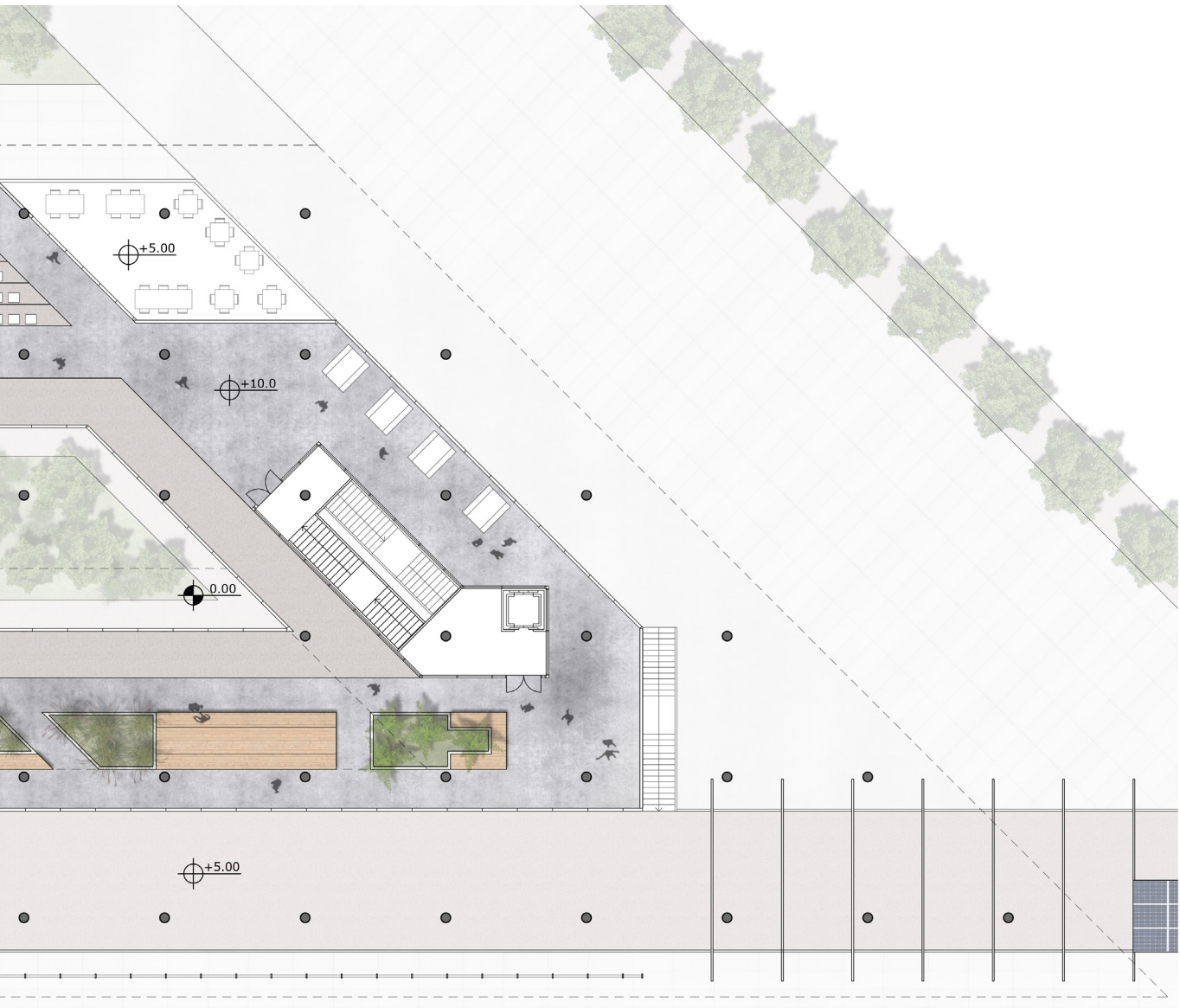
La piazza in quota è la prosecuzione del verde sottostante che da ovest sale fino in copertura per poi degradare pian piano che ci si sposta verso est.

L'area si presenta divisa in due: la porzione al di sopra della biblioteca senza protezione dagli agenti atmosferici, mentre quella in sommità agli uffici coronata da un'ampia copertura. Le due parti sono connesse tra loro da un ponte sospeso che permette di oltrepassare il vuoto creato dal percorso al

piano primo. La parte ovest è un vero e proprio prolungamento del parco con panchine e sedute immerse nel verde, è presente anche una ve-trata circolare, sopraelevata rispetto al piano di calpestio, necessaria per permettere una corretta illuminazione dei locali della biblioteca. Al di sotto della copertura, attorno al vuoto centrale della corte interna, si palese un tracciato leggermente rialzato utilizzabile come palco per manifestazione o come passerella per eventi legati alla moda.

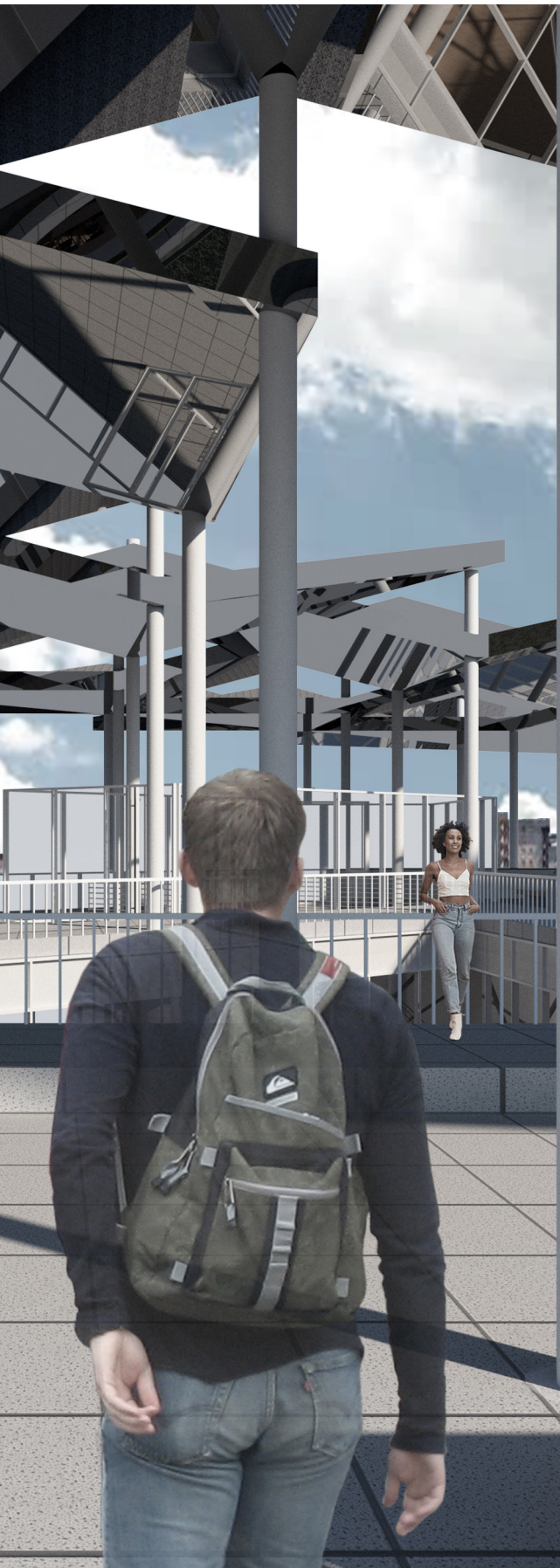


Estratto 16: Pianta piazza coperta





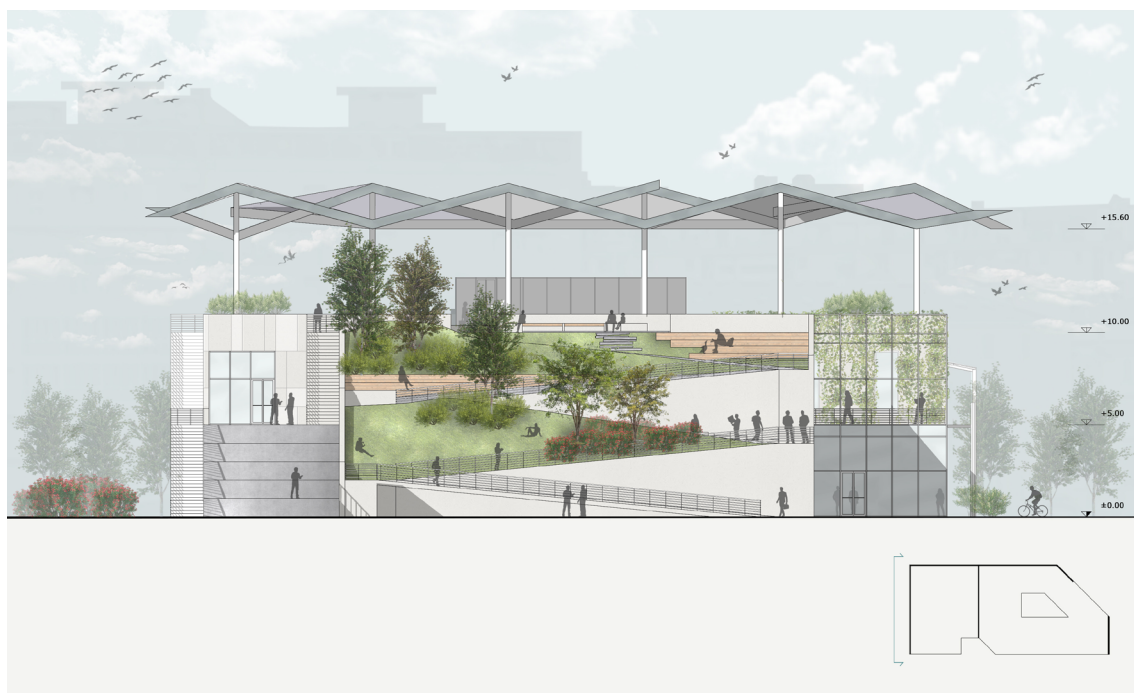
Estratto17: Vista piazza coperta



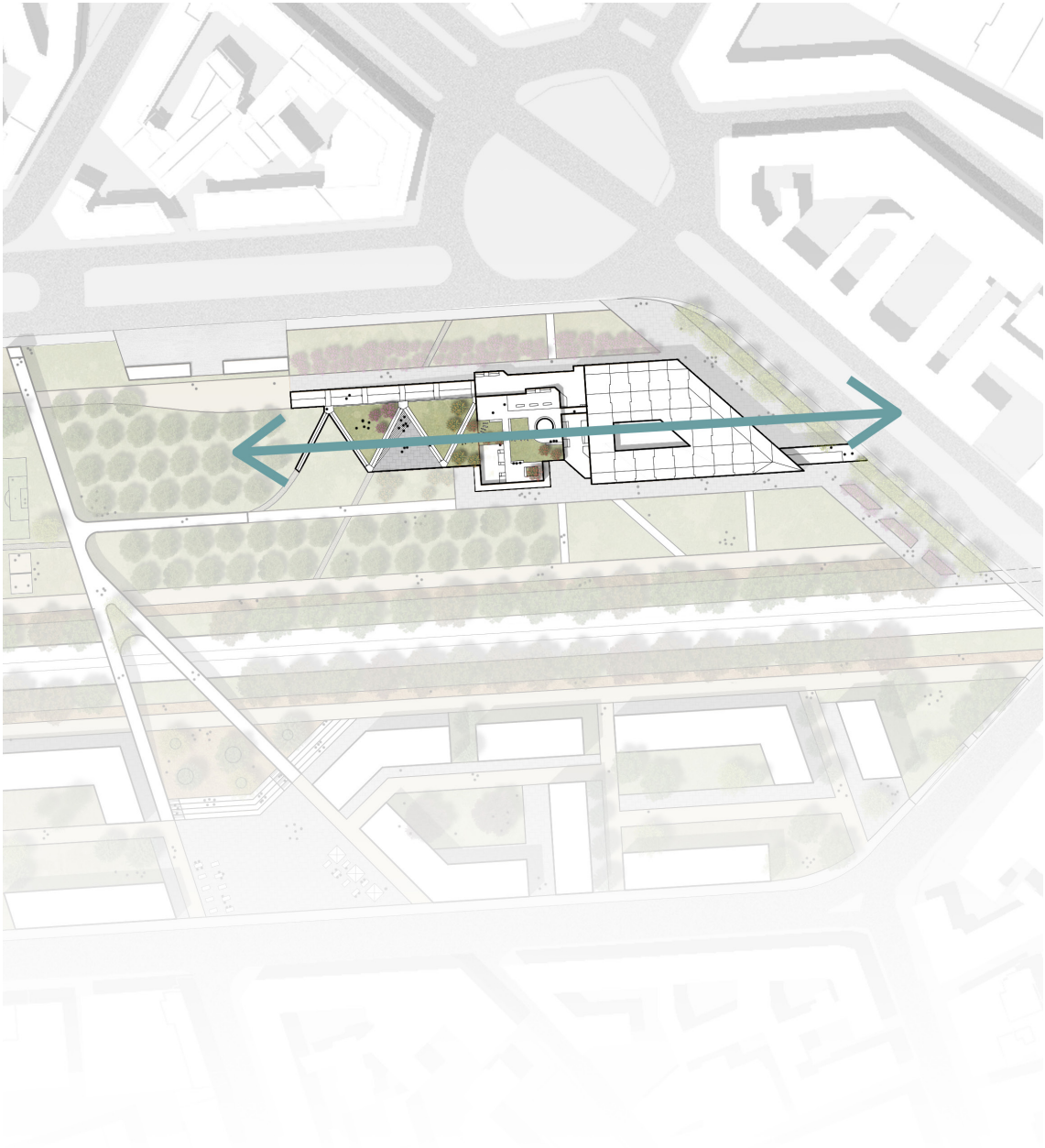
RAMPA

La rampa si presenta come una vera e propria continuazione del parco sull'edificio, un intreccio di percorsi a pendenza costante, spazi verdi, aree di sosta piastrellate e panchine. Le parti di tracciato per la risalita sono state studiate con una pendenza consona e con tutte le corrette avvertenze per garantire l'abbattimento delle barriere architettoniche. L'intera rampa ha una lunghezza complessiva di 70 metri ed è attuata per superare un dislivello di 10 metri, dal parco urbano alla piazza in copertura.

Al di sotto della rampa è stato predisposto il parcheggio coperto per le unità di mobilità autonoma elettrica che circolano nel lotto e lo spazio rimanente è destinato a dei locali tecnici contenenti U.T.A. e pompe di calore. L'ingresso alla rimessa è posizionato nel prospetto sud, rivolto verso il parco, per agevolare le operazioni di manovra, all'interno saranno posizionate le relative colonnine per la ricarica dei PODS.



Estratto18: Prospetto ovest



Estratto19: Sezione ambientale

FINITURE INTERNE

Le finiture interne sono differenziate in base alle varie aree dell'idea store, in cui sono presenti materiali con colori e trame differenti. Nello spazio degli uffici sono predominanti colori a toni freddi, come bianco e grigio, mentre gli arredi sono di colore nero con elementi metallici, la pavimentazione caratteristica è quella in linoleum. Il locale più particolare è l'area relax, al piano terra degli uffici, dove una parete verde e vasi di *Monstera Deliciosa*⁵ e *Aspidistria*⁶ (che sono presenti anche negli spazi degli uffici) fanno da sfondo a divani e sedute in tessuto su un pavimento in parquet. Il soffitto, sia negli uffici che nell'area relax, è caratterizzato dalla presenza di listelli lignei che movimentano il controsoffitto e permettono l'inserimento di apparecchi luminosi ed impiantistici. Nella zona del ristorante dominano i toni scuri delle pareti e degli arredi su un pavimento in parquet di rovere. La biblioteca presenta finiture in toni più caldi come il pavimento in parquet di abete chiaro con arredi in cui il materiale predominante è il legno.

SOFFITTO

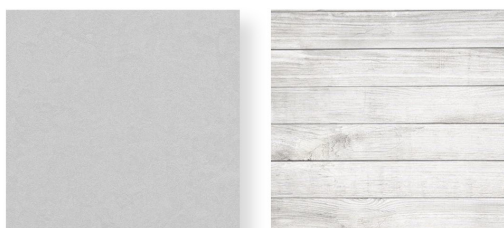
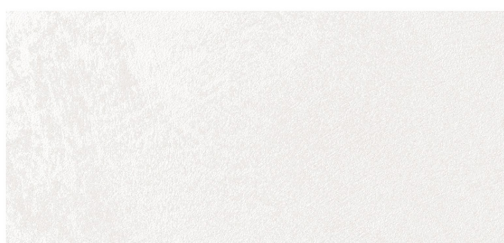
PARETE

VERDE

ARREDAMENTO

PAVIMENTO

UFFICI

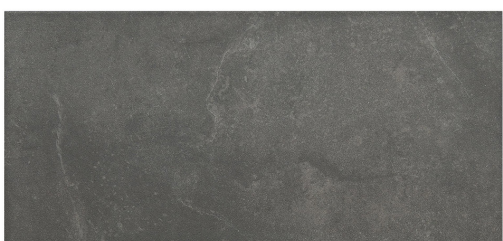
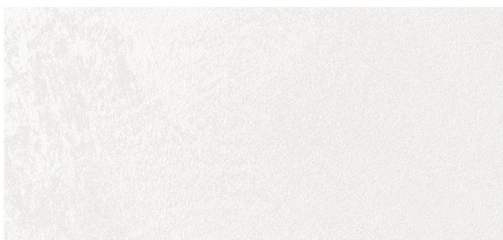


AREA RELAX

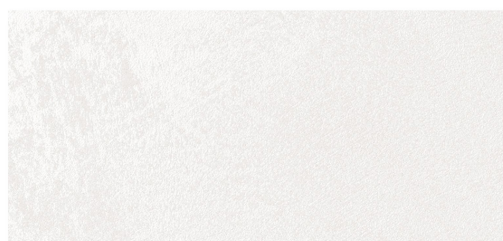
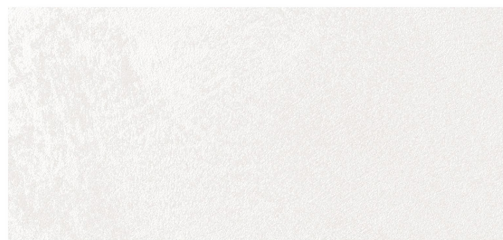


Estratto20: Moodboard finiture interne

RISTORANTE



BIBLIOTECA



Estratto21: Moodboard finiture interne

CAPITOLO 4.2

TECNOLOGIA

SCHEMATIC DESIGN

Gli aspetti tecnologici applicati all'edificio sono racchiusi nello schematic design. Esso permette di comprendere le strategie che sono state scelte per quanto riguardano gli aspetti energetici e di comfort che sono state ideate per l'edificio, in modo tale da rispondere alle esigenze di chi lo vivrà e alle condizioni ambientali del luogo nel quale il complesso si inserisce. I seguenti schemi considerano quindi gli aspetti architettonici e tecnologici del sistema edilizio in una unica rappresentazione grafica, in modo da ottenere una sintesi tra i benefici ottenuti grazie alle tecnologie applicate con gli aspetti estetici e architettonici, i costi delle stesse, in termini economici di mantenimento della funzionalità dell'edificio ed in termini estetici. Per una corretta analisi sono stati analizzati due situazioni durante l'arco dell'anno: uno schematico riguardante il periodo estivo e uno riguardante il periodo invernale. Le strategie applicate sono le seguenti:



COPERTURA VERDE

Come copertura del blocco che ospita la biblioteca, è stato pensato un tetto verde il quale consente, in termini tecnologici, di incrementare l'isolamento termico e acustico e nell'ambito architettonico, vanno ad individuare uno spazio aperto fruibile al pubblico.



SISTEMA HVAC

Le frecce provenienti dall'alto schematizzano il funzionamento del sistema di riscaldamento e raffreddamento dell'edificio. Una serie di condotti posizionati tra il controsoffitto e la parte del solaio guidano l'aria trattata nei vari spazi interni. Un sistema parallelo ad esso permetterà la ripresa dell'aria da ritrattare. I macchinari che si occuperanno di trattare l'aria, i quali saranno provvisti di un recuperatore di calore per aumentare l'efficienza del sistema e ridurre gli sprechi, verranno posizionati in appositi locali.



APPORTI SOLARI

Le grandi vetrate che caratterizzano i prospetti dell'edificio apportano al bilancio energetico una grande quantità di apporti solari. Essi sono stati rappresentati in entrambi gli schematic design; in quello estivo, il sole viene posizionato più alto rispetto alla situazione invernale.



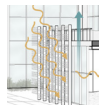
APPORTI INTERNI

Vengono riportati gli apporti interni legati al metabolismo delle persone che andranno ad accoppiare gli spazi interni dell'edificio.



VENTILAZIONE NATURALE

Nella stagione estiva, la radiazione solare può portare ad un aumento della temperatura, specialmente nella piazza coperta. Per ovviare a questo problema, la copertura funge da ala la quale consente una ventilazione naturale degli spazi aperti dell'edificio.



BUFFER ZONE

La separazione del sistema di schermatura dalla superficie finestrata consente la formazione di una buffer zone esterna che permette il controllo degli apporti solari nella stagione estiva.



ISOLAMENTO ACUSTICO

La presenza di arterie di elevato utilizzo portano inquinamento acustico nei pressi dell'edificio. Vengono quindi riportate alcune strategie per la riduzione dei rumori. Esse sono state attuate tramite l'applicazione di una schermatura verde nel lato nord e tramite l'applicazione di materiali ad alta densità nei pacchetti tecnologici dell'involucro edilizio.



RACCOLTA ACQUA PIOVANA

Data la grande superficie della copertura e la sua inclinazione che facilita la raccolta dell'acqua meteorica e all'indagine climatica effettuata all'inizio del progetto, l'efficacia del sistema di stoccaggio dell'acqua piovana è stata considerata sia nella stagione invernale che quella estiva. L'acqua viene raccolta in copertura dalle apposite scossaline verrà condotta per gravità ad una vasca di raccolta posta al piano interrato. Questa, coadiuvata dall'acquedotto, consentirà di far fronte alla richiesta di acqua per l'irrigazione e per gli sciacquoni dei servizi.



PANNELLI FOTOVOLTAICI

In merito all'efficienza energetica dell'edificio, è stato previsto un sistema di pannelli fotovoltaici su tutta la superficie della copertura. In aggiunta ad essi sono stati installati un sistema di produzione di energia elettrica attraverso delle celle nella vetrocamera della facciata continua nella parte di superficie trasparente che riguarda il blocco della biblioteca.



BATTERIE

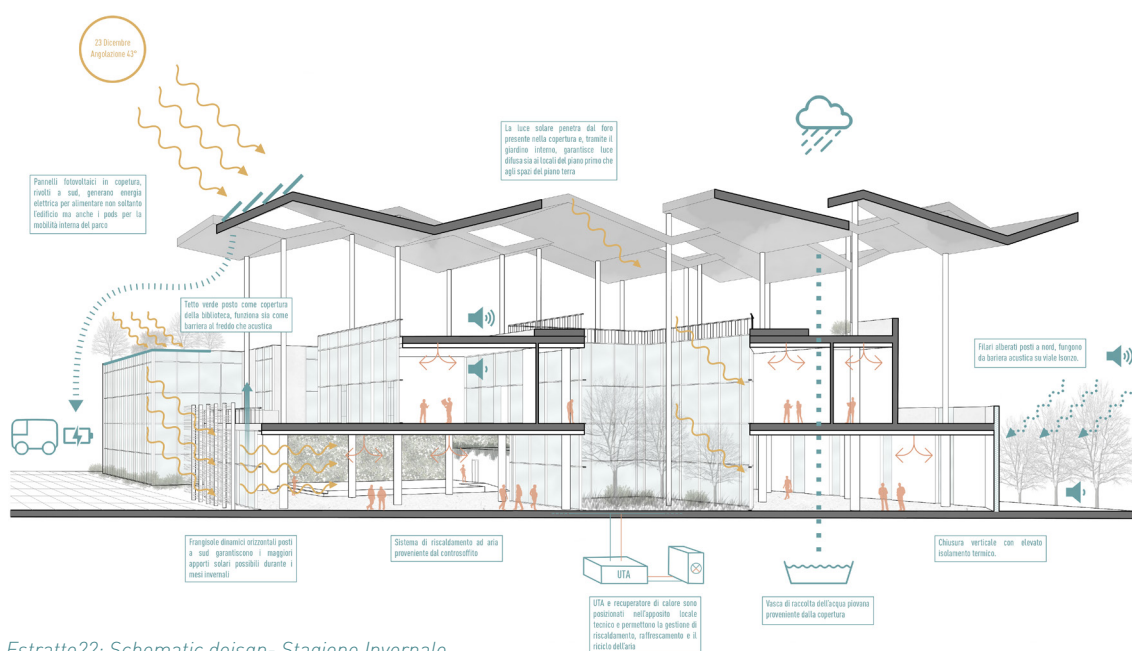
Il sistema fotovoltaico di produzione di energia elettrica è stato pensato per far fronte alla richiesta di corrente da parte dell'edificio. Essendo l'edificio progettato a surplus, la differenza di energia viene stoccata in apposite batterie. Queste andranno a coprire il fabbisogno necessario all'edificio qualora l'impianto fotovoltaico sia limitato dalle condizioni atmosferiche e andrà ad alimentare il sistema di mobilità elettrica previsto nel masterplan.

STAGIONE INVERNALE

Analizzando lo schematic design riguardante la stagione invernale, si nota subito come l'angolo zenitale sia maggiore rispetto alla stagione estiva; infatti, in inverno il sole occupa una posizione più bassa rispetto ai mesi più caldi. Questo ci consente di regolare i frangisole in modo tale da aumentare gli apporti solari attraverso le superfici vetrate. Sempre per questo motivo, la copertura è stata progettata con una apertura non centrata alla corte interna in modo tale da aumentare gli apporti invernali. Ad incrementare il calore interno, vengono rappresentate le persone in colore rosso che, con il calore metabolico, apportano un ulteriore carico interno. Sul fronte nord, a ridosso delle arterie stradali, data la scelta della tipologia di verde affrontata nello specifico capitolo, essi non svolgono più la funzione di isolante acustico. Per questo è stato pensato un pacchetto tecnologico il quale ha un alto potere fonoassorbente.

Il sistema di trattamento aria, nei mesi più freddi dell'anno, si attiva in modo tale da riscaldare l'aria proveniente dall'esterno e a ritrattare l'aria interna attraverso un recuperatore di calore.

L'impianto fotovoltaico, come analizzato nella parte di progettazione relativa agli aspetti energetici dell'edificio, subirà in inverno un calo di prestazioni.



Estratto22: Schematic design - Stagione Invernale

STAGIONE ESTIVA

Nella stagione estiva, a differenza di quella invernale, il sole occupa una posizione più alta. Per contrastare un elevato apporto solare negli spazi interni sono state pensate alcune strategie di controllo. Nel prospetto sud, lungo la grande vetrata trasparente è stato installato un sistema di schermatura a lamelle orizzontali il quale offre una prima azione sui raggi solari. Unitamente a questo, la posizione di questo sistema di schermatura è posta ad una distanza tale da individuare una buffer zone che consente il passaggio dell'aria, riducendo così l'apporto interno. La copertura aggettante consente di schermare in modo efficace le vetrate del piano primo; il buco sfalsato consente di creare delle zone di ombra anche nella corte interna. La forma particolare della copertura consente di creare un movimento naturale dell'aria il quale tende ad allontanare umidità e a rendere più vivibile l'area

predisposta per manifestazioni e per svago anche nei periodi estivi più caldi. Il sistema di HVAC sarà utilizzato per condizionare gli ambienti interni. Differentemente dalla situazione invernale, come individuato nelle analisi climatiche, l'irraggiamento solare è maggiore; ne consegue che la produzione di energia elettrica affidata a pannelli fotovoltaici è maggiore. Per questo viene introdotta una batteria di stoccaggio la quale consente di immagazzinare energia durante il giorno e reinserirla nell'infrastruttura di rete dell'edificio di notte. Il surplus generato verrà utilizzato per alimentare la mobilità elettrica all'interno del lotto.



Estratto23: Schematic design- Stagione Estiva

PROGETTAZIONE COPERTURA

La copertura dell'edificio risulta essere l'elemento centrale sotto molteplici punti di vista, primo fra tutti quello architettonico, essa si presenta infatti come l'elemento principale e caratterizzante dell'edificio. L'andamento spezzato conferisce dinamismo ad un edificio solido e regolare. Questo aspetto è riscontrabile nelle viste tridimensionali dove la spazialità della copertura risulta facilmente riconoscibile. Inoltre, il rivestimento a specchio svolge non solo una funzione decorativa ma grazie alle diverse inclinazioni permette di svelare ai passanti, presenti al livello 0, le funzioni e le attività che si svolgono sulla piazza coperta.

Da un punto di vista funzionale la copertura ha l'obiettivo di massimizzare la produzione di energia tramite i pannelli fotovoltaici, per questo motivo essa risulta aggettante rispetto ai margini dell'edificio e caratterizzata da un'ampia superficie di pannelli. La presenza di porzioni aggettanti permette un controllo della radiazione nel periodo estivo, concedendo invece i guadagni solari durante l'inverno.

OTTIMIZZAZIONE DELLE FALDE

La forma spezzata è stata ottenuta parametrizzando il valore di apertura delle falde, ricercando la massimizzazione dell'energia incidente sulle superfici superiori e di conseguenza l'energia ottenibile dai pannelli fotovoltaici. L'apertura fra le falde ci consente inoltre di portare luce naturale alla piazza sottostante.

Per l'analisi è stato utilizzato il software Grasshopper che ci consente, valutando l'orientamento delle superfici e i dati climatici di Milano, di ottenere la variazione di energia incidenti sulle superfici in relazione al parametro scelto.

Nel grafico riportato possiamo vedere come l'incremento di energia sia costante all'aumentare del parametro preso in considerazione. Il valore di apertura scelto corrisponde alla presenza di un massimo relativo nella curva analizzata, dove un ulteriore incremento non porta a

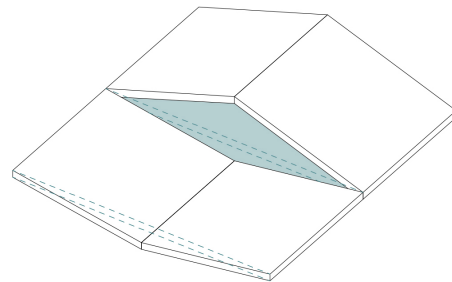
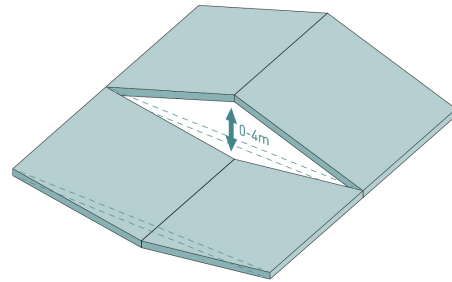
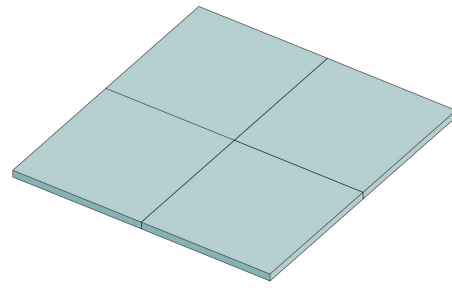
miglioramenti significativi nella produzione di energia.

L'area del grafico evidenziata in rosso rappresenta valori scartati per due motivazioni:

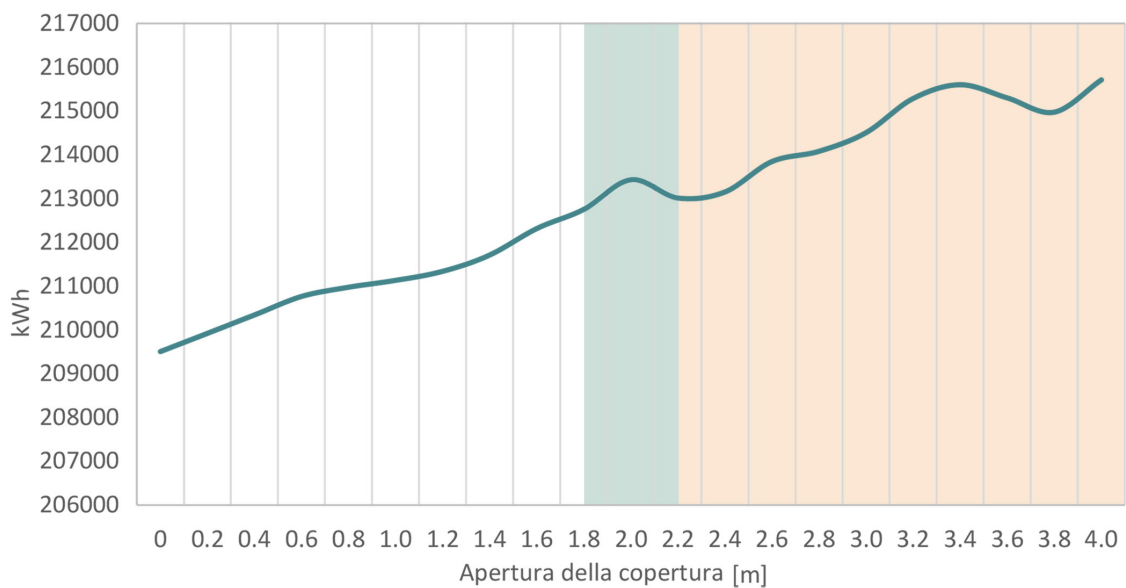
- un'eccessiva apertura delle falde, per quanto vantaggiosa da un punto di vista energetico, può comportare difficoltà da un punto di vista costruttivo e allo stesso tempo porta un'eccessiva quantità di luce naturale nei luoghi sottostanti.

- l'energia ricavata per valori appena superiori al range ottimale risulta minore rispetto all'apertura scelta.

Nella pagina seguente viene riportato l'algoritmo utilizzato nel programma parametrico Grasshopper, che permette la lettura dei file climatici e tramite il tool "radiationAnalysis" permette di ottenere i risultati di radiazione totale incidenti sulle superfici selezionate. Nell'immagine sottostante vengono rappresentati graficamente i valori di radiazione solare incidente.



Estratto24: Ottimizzazione delle falde della copertura



Estratto25: Radiazione solare incidente sulla copertura in relazione all'apertura fra le falde

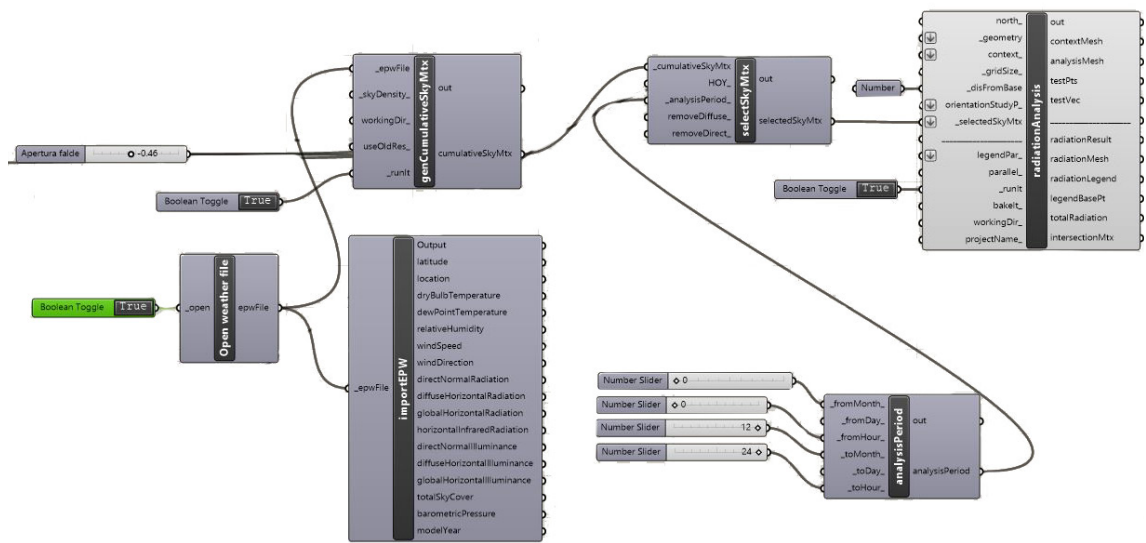


Figura04: Algoritmo per lo studio della radiazione



Estratto26: Radiazione solare incidente sulla copertura

PACCHETTO TECNOLOGICO

Per garantire leggerezza alla struttura e facilitarne le fasi di montaggio, si è deciso di optare per una struttura a telaio in acciaio (1) che consente di ridurre al minimo le sezioni degli elementi portanti; per una maggior resistenza ai carichi orizzontali e per poter irrigidire le falde si è voluto inserire un sistema di controventi piano.

La copertura è costituita nella parte superiore da un pannello sandwich con fotovoltaico integrato (2). Questo sistema consente di avere un pacchetto innovativo e di facile installazione. In questo caso l'isolante non assolve a funzioni di isolamento ma conferisce una maggiore resistenza flessionale e di conseguenza consente la copertura di luci maggiori, consentendo inoltre un'attenuazione dei rumori derivanti da precipitazioni atmosferiche.

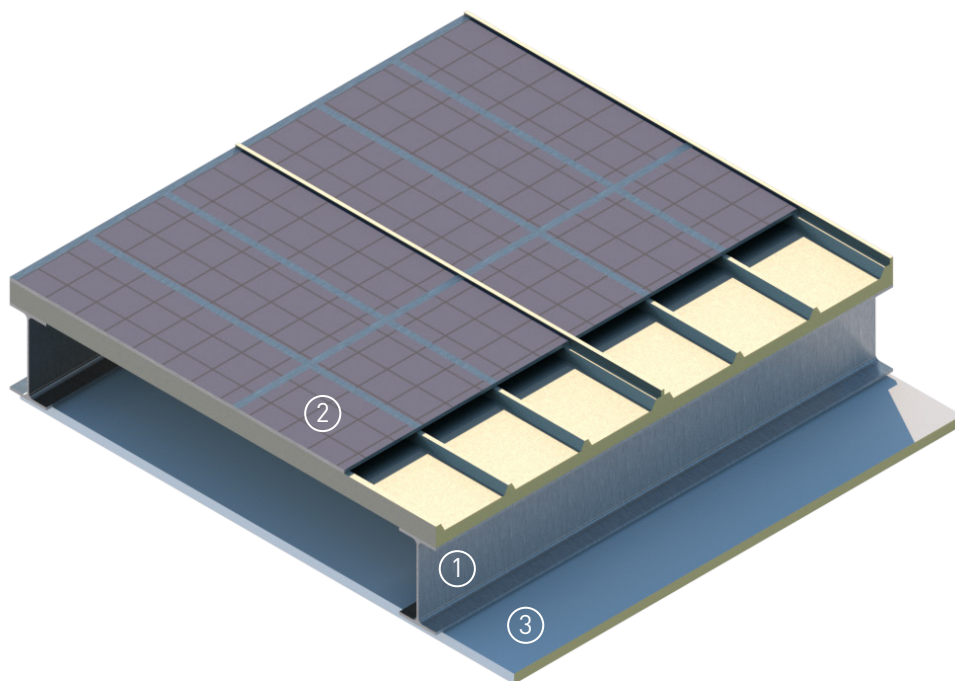
Il rivestimento inferiore è costituito da un pannello sandwich (3) con uno spessore

contenuto e una finitura a specchio. La scelta di questa particolare finitura permette di svelare ai passanti delle vie circostanti le attività che si svolgono nella piazza coperta, rendendola quindi luogo attrattore dell'area.

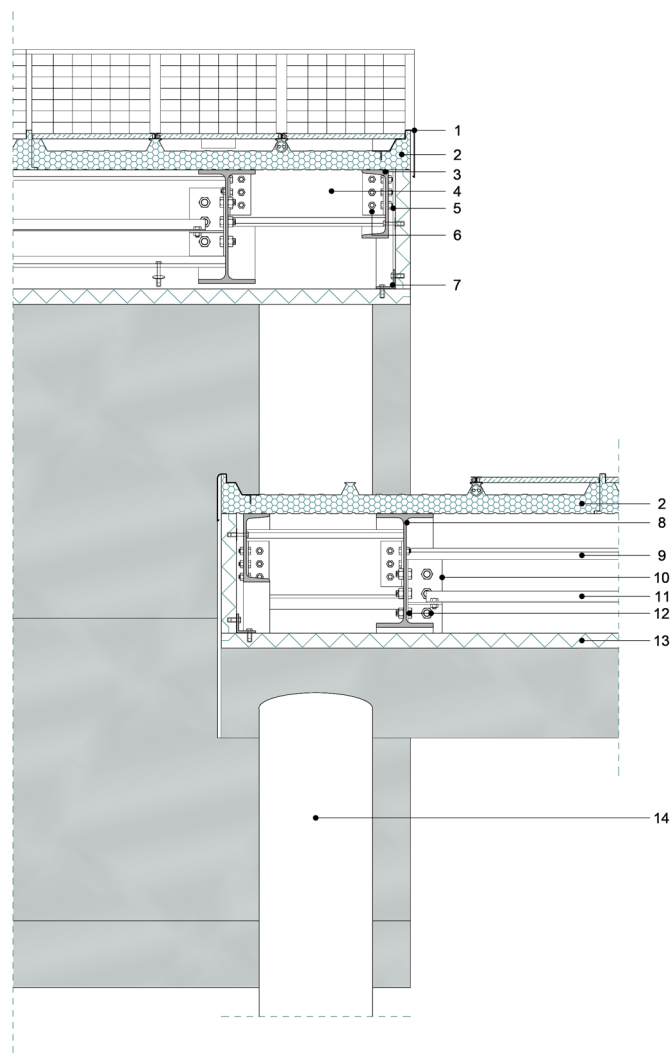
Nodi copertura

Nelle seguenti pagine sono riportati i nodi tecnologici della copertura. Si può notare come la struttura a telaio della copertura sia orientata rispetto ai pilastri in maniera tale da consentire l'andamento spezzato che la caratterizza.

La parte terminale delle falde viene tratta in maniera peculiare, andando a ridurre lo spessore per conferire un effetto di "lama" alla falda. Questo effetto è realizzato grazie a profili trapezoidali in acciaio fissati alla struttura primaria.

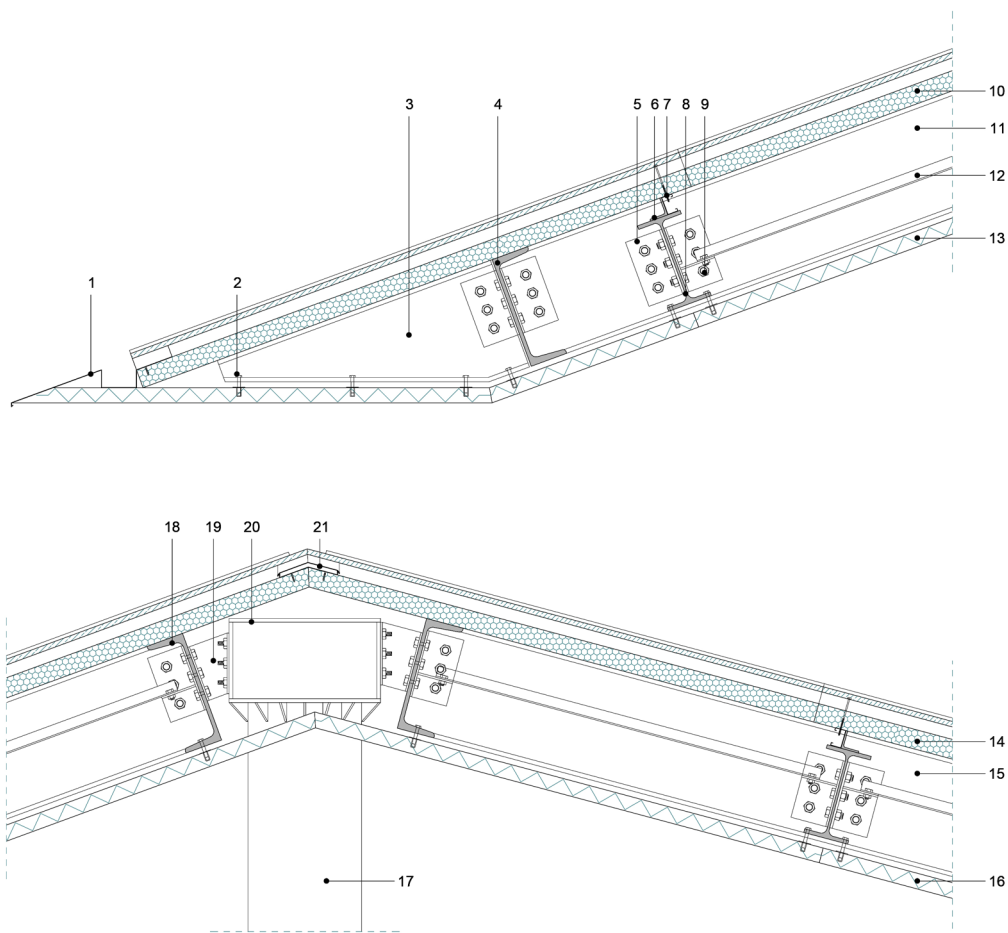


Estratto27: Pacchetto tecnologico



1. Scossalina in zinco, fissata tramite viti autofilettanti
2. Pannello sandwich sistema fotovoltaico integrato - sp. 5cm+5cm, larg. 100cm
3. Strato portante: trave UPN180 in acciaio
4. Strato portante: trave IPE180 in acciaio
5. Elemento di collegamento: bulloni M10 in acciaio
6. Elemento di collegamento: piastra a L in acciaio - sp. 5mm, dim. 60x60mm
7. Elemento di collegamento: piastra a L in acciaio - sp. 3mm, dim. 50x50mm
8. Strato portante: trave IPE300 in acciaio
9. Strato portante: trave IPE240 in acciaio
10. Elemento di collegamento: piastra a L in acciaio - sp- 5mm, dim. 90x90mm
11. Controvento in acciaio, profilo a L - sp.3,5mm dim. 30x30mm, collegato tramite bulloni in acciaio M10
12. Elemento di collegamento: bulloni M16 in acciaio
13. Rivestimento: pannello sandwich con finitura a specchio - sp.1,5+40+1,5mm, dim. 200x600cm, 1mm di giunto fra i pannelli, fissato tramite elementi di collegamento.
14. Pilastro in acciaio, Ø 30cm

Estratto28: Nodo copertura trasversale



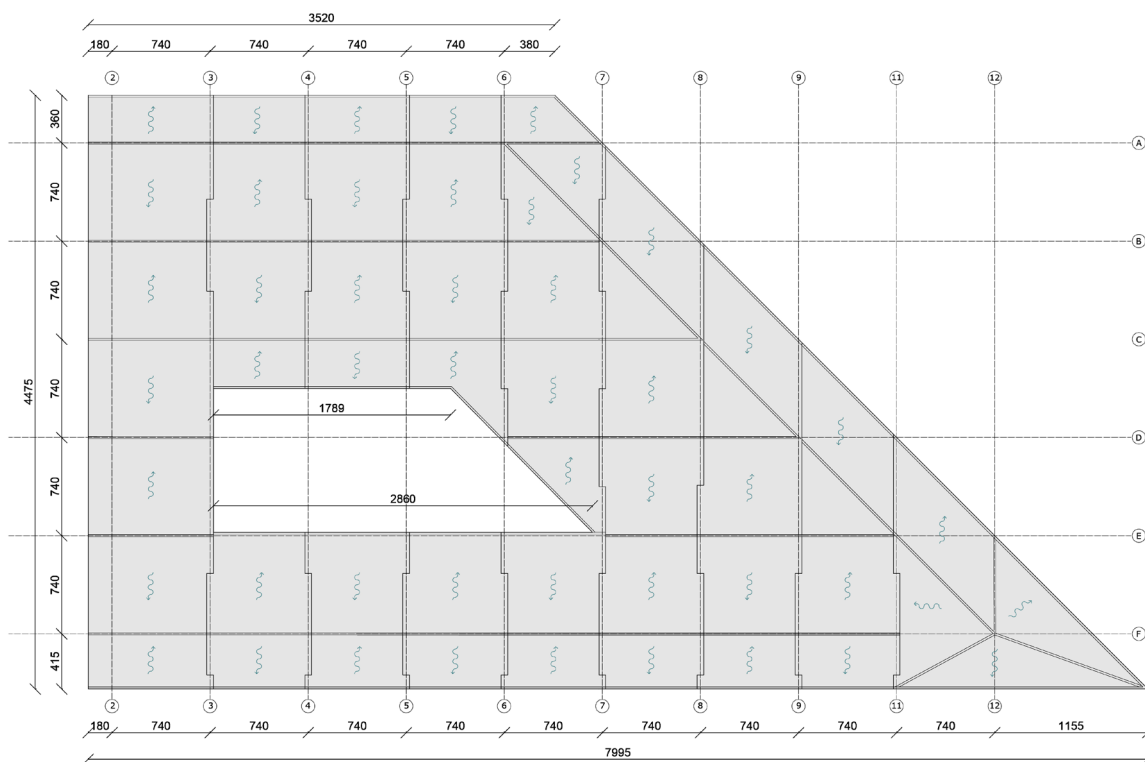
1. Scossalina metallica per la raccolta dell'acqua
2. Elemento di fissaggio dei pannelli sandwich
3. Strato portante: profilo trapezoidale in acciaio
4. Strato portante: trave UPN300 in acciaio
5. Elemento di collegamento: piastra a L in acciaio - sp. 5mm
6. Profilo a L in acciaio - dim. 50x50mm, sp.5mm
7. Strato portante: profilo in acciaio
8. Strato portante: trave IPE240 in acciaio
9. Elemento di collegamento: bulloni M16 in acciaio
10. Pannello sandwich con sistema fotovoltaico integrato - sp. 5cm+5cm, larg. 100cm
11. Strato portante: trave IPE300 in acciaio
12. Controvento in acciaio, profilo a L - sp.3,5mm dim. 30x30mm, collegato tramite bulloni in acciaio M10
13. Rivestimento: pannello sandwich con finitura a specchio - sp.1,5+40+1,5mm, dim. 200x600cm, 1mm di giunto fra i pannelli, fissato tramite elementi di collegamento
14. Pannello sandwich con sistema fotovoltaico integrato - sp. 5cm+5cm, larg. 100cm
15. Strato portante: trave IPE300 in acciaio
16. Rivestimento: pannello sandwich con finitura a specchio - sp.1,5+40+1,5mm, dim. 200x600cm, 1mm di giunto fra i pannelli, fissato tramite elementi di collegamento
17. Pilastro in acciaio, Ø 30cm
18. Strato portante: trave UPN300 in acciaio
19. Elemento di collegamento: piastra in acciaio - sp.5mm
20. Elemento di collegamento in acciaio
21. Scossalina in zinco

Estratto29: Nodo copertura longitudinale

PIANTA COPERTURA

Lo sviluppo in pianta della copertura presenta un vuoto centrale, disallineato rispetto alla corte sottostante, che permette un'incremento della luce naturale nel periodo invernale mantenendo allo stesso tempo una schermatura nel periodo estivo.

L'aspetto maggiormente caratterizzante la copertura risulta essere la porzione a est che si presenta come una lama, fornendo allo stesso tempo riparo agli ingressi presenti ad est.



Estratto30: Pianta copertura

PACCHETTI TECNOLOGICI

Oltre a perseguire l'obiettivo di una buona qualità architettonica, nel processo di progettazione dell'edificio si è tenuto conto della qualità costruttiva, dei materiali utilizzati e delle tecnologie applicabili per ottenere una buona prestazione energetica. La scelta effettuata dal punto di vista tecnologico è quella di realizzare le parti strutturali, come specificato nell'apposito capitolo, in piastre di calcestruzzo armato applicandoci delle sfere di alleggerimento per contenere il peso proprio e gli spessori del telaio dell'edificio mentre per le chiusure e le partizioni una tecnologia a secco. Data la diversa occupazione dell'edificio, prima villaggio olimpico poi centro polifunzionale per il lavoro e lo studio, rende necessario progettare le partizioni e le chiusure in modo tale che sia agevolato il cambiamento di spazi all'interno del volume; per questa ragione, si è scelto due differenti tecnologie costruttive: la prima, a secco, per le chiusure e partizioni verticali e la seconda, con massetti gettati, per le chiusure e le

partizioni orizzontali. Ogni stratigrafia è stata progettata tenendo conto delle normative nazionali (Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici) e regionali (DGR n. 3868 del 17 luglio 2015 "Disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici ed il relativo Attestato di Prestazione Energetica a seguito dell'approvazione dei Decreti Ministeriali per l'attuazione del decreto legislativo 192/2005)⁷.



Estratto31: Blowup secret garden

CHIUSURA VERTICALE VENTILATA

Analizzando le chiusure verticali si è scelto di utilizzare una stratigrafia totalmente a secco. Questa scelta è giustificata dal fatto che essa ci consente una rapida posa in cantiere, senza attendere tempi di maturazione, e una leggerezza in termini di carichi che andranno a gravare sulla struttura dell'edificio. Ci consente quindi di ridurre i carichi e di controllare gli spessori delle piastre e dei pilastri strutturali. La scelta di adottare una facciata ventilata permette di controllare il comfort interno; la camera d'aria posta subito dietro il rivestimento in pannelli di fibrocemento permette una efficace prima barriera naturale degli spazi interni alle temperature calde o fredde dell'esterno. Lo strato subito visibile all'esterno è formato da una composizione studiata di pannelli in fibrocemento ecologici quali sono orientati in maniera tale da conferire all'edificio un senso di verticalità. L'installazione di questi pannelli è facilitata grazie alla presenza di una sottostruttura in acciaio con montanti e traversi che va allo stesso tempo a sostenere la facciata e a creare la camera d'aria necessaria affinché sia consentito il passaggio verticale dell'aria, mediante una differenza di pressione tra la bocca inferiore, a pressione maggiore, e la bocca superiore, a bassa pressione. Si innesca così un meccanismo di circolazione dell'aria la quale porta l'aria calda a salire. I montanti sono fissati alle piastre in C.A. In prossimità delle solette e lungo la tratta ad un pannello di irrigidimento in cemento rinforzato mediante delle piastre. Superati gli strati di rivestimento esterno, la stratigrafia prevede uno strato di isolamento termico in EPS il quale conferisce una prima buona protezione dall'ambiente esterno. La composizione tecnologica continua con un pannello di irrigidimento in cemento rinforzato seguito da un foglio di tenuta all'aria necessario alla protezione durante le fasi di costruzione in cantiere e, a struttura finita, al blocco di acqua ed aria che, entrando, danneggerebbero i materiali

influenzando in modo negativo sulle prestazioni e sulla durata. Un ulteriore strato di isolamento è composto da un pannello in lana di roccia garantisce una prima barriera ai rumori acustici esterni, nonché contribuisce ad aumentare l'isolamento termico. Uno strato di irrigidimento in cemento rinforzato sostiene il pannello in lana di roccia e va a delimitare un intercapedine di aria ferma di spessore 5 cm che consente il passaggio di eventuali tubazioni impiantistiche oltre ad una protezione termica. Si ripete quindi uno strato in lana di roccia di minore densità seguito poi da una doppia lastra in cartongesso sul quale è applicato lo strato di rivestimento interno. Tra le due lastre, è presente una lamina di barriera al vapore. Le pannellature interne sono sostenute da una struttura di profili a U, connessi mediante tasselli alle solette in C.A. superiore e inferiore e a profili a C a passo costante poste in direzione verticale. Il pacchetto è completato con una finitura specifica in relazione al luogo nel quale si trova all'interno dell'edificio. Uno sfasamento di 9.29 ore e una trasmittanza di 0.141 w/m²K consente una ottima prestazione dal punto di vista energetico. Analizzando il diagramma di Glazer si nota che il pacchetto non subirà condensa interstiziale.

Spessore	Trasmittanza	Sfasamento
47.2 cm	0.141 W/m ² K	9.29 h

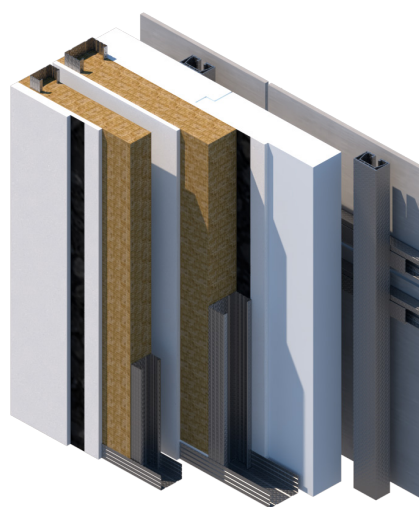


Figura05: Stratigrafia chiusura verticale ventilata

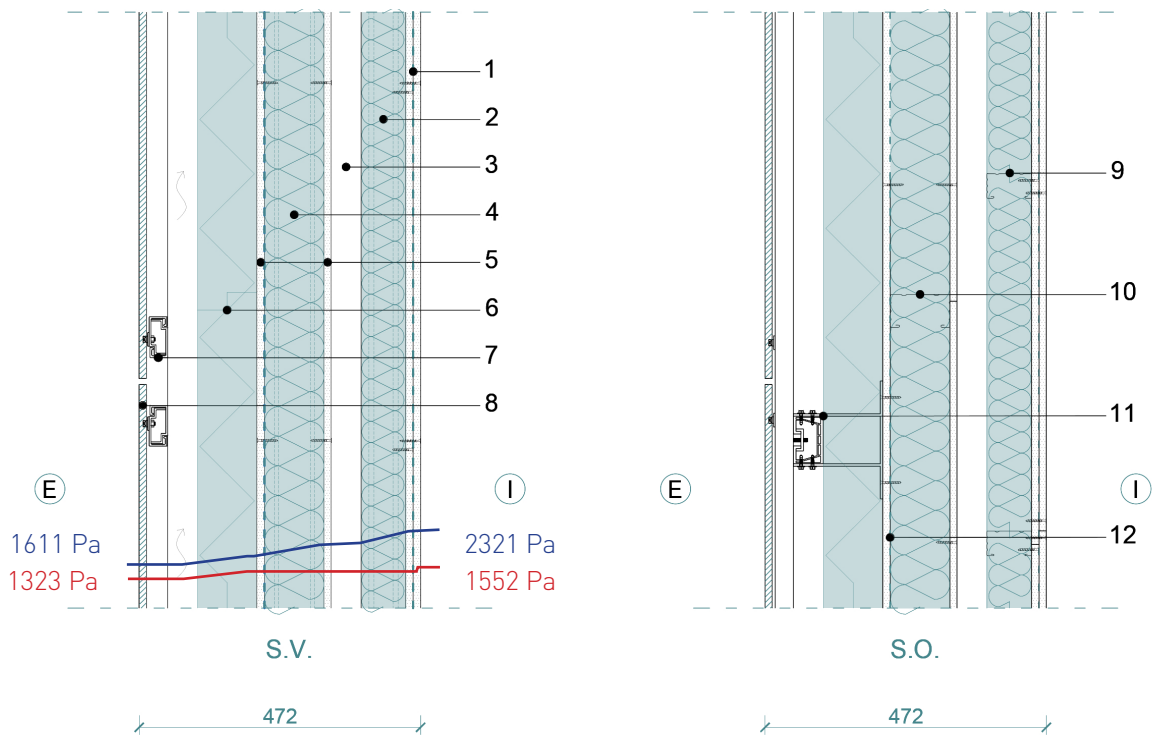


Figura06: Chiusura verticale ventilata

Strato	Descrizione
1	Strato di finitura: doppia lastra in cartongesso - sp.12,5 mm e tinteggiatura - sp.5 mm
2	Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.7,5 cm, $\lambda=0,039$ W/mK, $\rho=70$ Kg/m ³ , $\mu=1$
3	. Intercapedine - sp.5 cm
4	Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.10 cm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=140$ Kg/m ³ , $\mu=1$
5	Strato di separazione: lastra in cemento rinforzato - sp.12,5 mm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=140$ Kg/m ³ , $\mu=1$
6	Strato isolante: pannello rigido in lana di roccia - sp.10 cm, $\lambda=0,036$ W/mK, $\rho=110$ Kg/m ³ , $\mu=1$
7	Strato portante: traversi in acciaio
8	Rivestimento: pannello in fibrocemento - sp.12 mm, $\rho=1650$ Kg/m ³
9	Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/75/40 - sp.0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/75/50 - sp.0,6 mm
10	Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/100/40 - sp.0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/100/50 - sp.0,6 mm
11	Strato portante: montanti in acciaio
12	Strato di tenuta: membrana barriera all'aria - sp. 0,5mm, $\lambda=0,17$ W/mK, $\rho=140$ g/m ² , $\mu=20$

PARTIZIONE VERTICALE

Per quanto concerne le tecnologie applicate negli spazi interni dell'edificio per dividere i vari ambienti, sono state applicate delle soluzioni a secco. La motivazione che ha guidato ad intraprendere questa scelta è dovuta a vari motivi: il primo, di carattere strutturale, intende ridurre il carico alla struttura portante; per questo sostituendo le classiche partizioni in laterizio con strutture leggere in cartongesso e profili metallici si riesce a trasmettere un carico minore. In secondo luogo, le diverse funzioni che la struttura ospiterà, obbliga a tenere in forte considerazione l'isolamento acustico; la stratigrafia a secco ci consente di attuare il principio della massa - molla - massa, nella quale i pannelli di cartongesso rappresentano le masse mentre l'isolante la molla. Come ultimo aspetto tenuto in considerazione durante la scelta del pacchetto tecnologico da applicare alle partizioni verticali è la possibilità di cambiare la disposizione e la superficie degli spazi interni in maniera rapida. Dato che l'edificio, come precedentemente spiegato nell'apposito capitolo, accoglierà inizialmente la funzione di villaggio olimpico e poi centro polifunzionale per studio e lavoro, potrebbe essere necessario apportare alcune modifiche alla disposizione interna delle partizioni. Adottando una soluzione leggera e a secco, è possibile modificare la disposizione in più velocemente e con minor dispendio di risorse rispetto ad una partizione realizzata con materiali laterizi.

La stratigrafia è composta da una doppia pannellatura in cartongesso; ogni lastra presenta uno spessore di 12.5 cm come da produttori presenti sul mercato. Su di essa verrà applicata una tinteggiatura di finitura differente per ogni ambiente che la partizione andrà a separare. Il sistema di lastre in cartongesso è sostenuto da una orditura in profili a U in acciaio, fissati alla struttura portante dell'edificio, e da una struttura in montanti a C in acciaio che vanno a collegare i pannelli con la struttura in calcestruzzo

armato. Tra i pannelli in cartongesso è presente uno strato di isolamento in lana di roccia di spessore 7.5 cm il quale conferisce al pacchetto le proprietà di isolamento acustico.

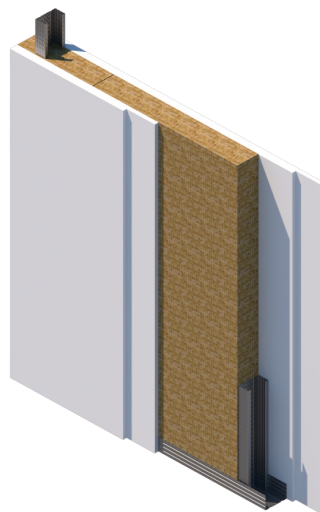


Figura07: Partizione verticale

Nel caso in cui il pacchetto tecnologico debba, per necessità di posizionamento degli impianti, ospitare eventuali tubazioni, è stato previsto che l'orditura di guide e montanti si sdoppi, inserendo una camera d'aria interna atta ad ospitare le tubazioni.

Spessore	Spessore con impianti
12.5 cm	29.0 cm

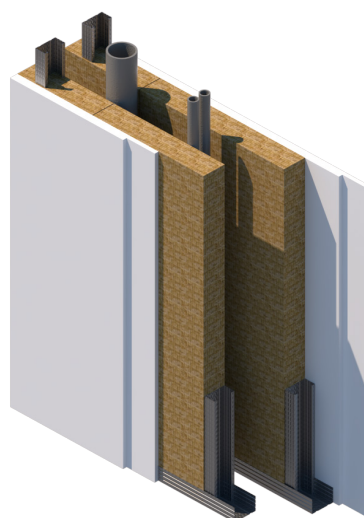


Figura08: Partizione verticale con alloggiamento impianti

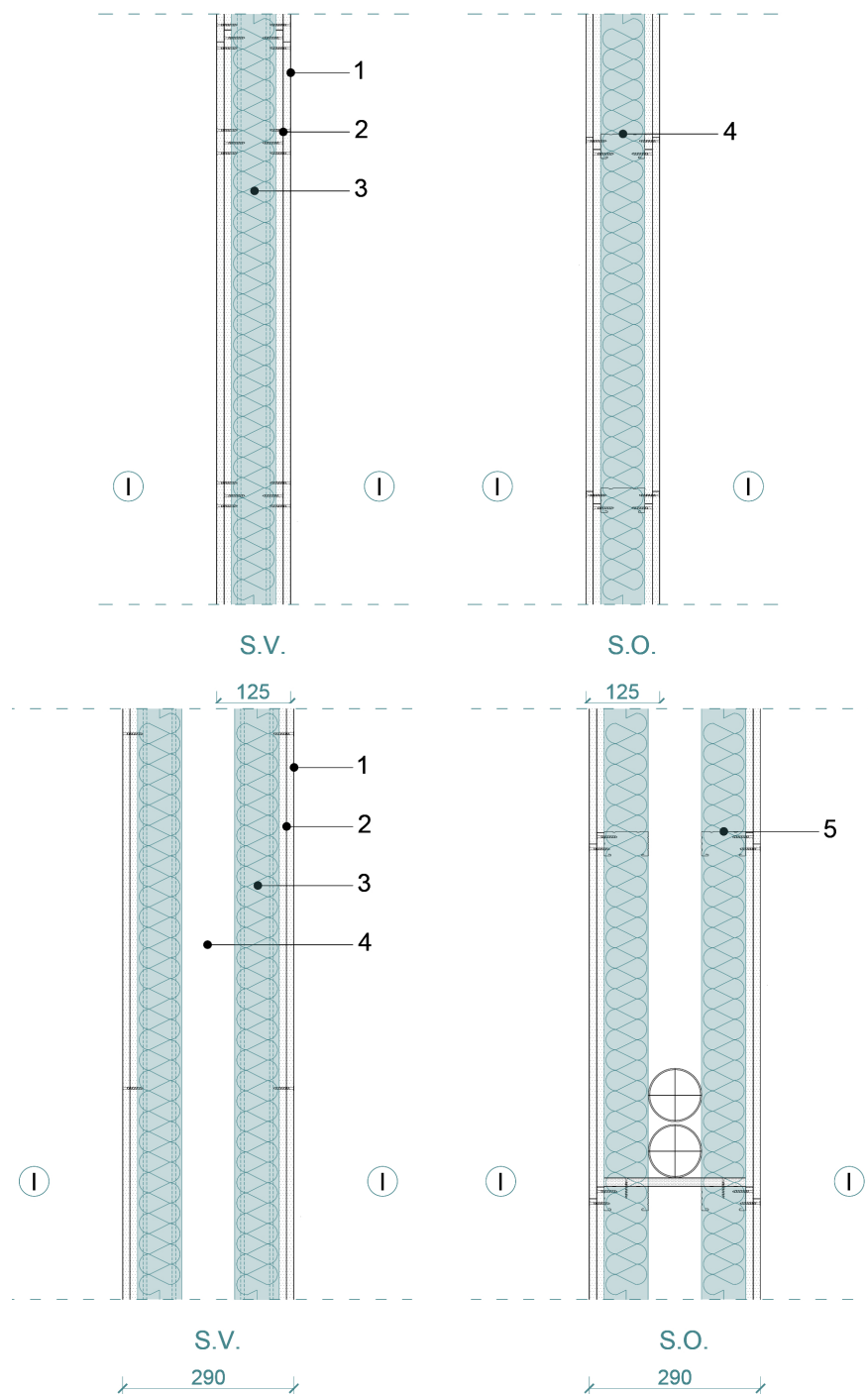


Figura09: Partizione verticale

Strato	Descrizione
1	Strato di finitura: tinteggiatura - sp.5 mm
2	Strato di rivestimento: doppia lastra in cartongesso - sp. 25 mm
3	Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.7,5 cm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=60$ Kg/m ³ , $\mu=1$
4	Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/75/40 - sp. 0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/75/50 - sp. 0,6 mm
5	Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/75/40 - sp. 0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/75/50 - sp. 0,6 mm

FACCIATA CONTINUA

L'edificio progettato, come illustrato nella parte di relazione inerente agli aspetti architettonici, presenta una lunga curtain wall lungo il prospetto sud, sia nel blocco di uffici e open space sia nel blocco relativo alla biblioteca. Inoltre, le superfici trasparenti, sono presenti all'interno delle stratigrafie opache anche negli altri prospetti. L'elemento di facciata continua risulta essere, nella progettazione integrata agli aspetti energetici, una problematica importante da risolvere: esso interrompe la continuità della tecnologia opaca andando ad aumentare la probabilità di incorrere in ponti termici e possibili infiltrazioni di acqua. La differenza di trasmittanza tra pacchetto opaco, montante della facciata continua e vetro può anch'esse creare problemi a livello di comfort interno. Per ovviare a questo problema è stato scelto di dotare le facciate continue con un triplo vetro basso emissivo contenente gas argon, in modo da raggiungere un valore di trasmittanza U pari a $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Il pacchetto trasparente è sostenuto da una serie di montanti in acciaio di dimensioni $5 \times 15.7 \text{ cm}$ ai quali sono fissati dei traversi di uguale dimensione. Inserendo tra la parte di montante esterna e quella interna degli elementi a taglio termico, la struttura della facciata continua riesce a raggiungere un buon valore di trasmittanza pari a $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. I montanti verranno fissati alla parte strutturale dell'edificio in prossimità della piastra superiore e inferiore mediante una serie di staffe. I fori presenti sui montanti sono leggermente allungati per adeguarsi alle dilatazioni che durante l'anno il metallo è soggetto.

Trasmittanza
telaio

1.5
 $\text{W/m}^2\text{K}$

Trasmittanza
vetro

0.6
 $\text{W/m}^2\text{K}$

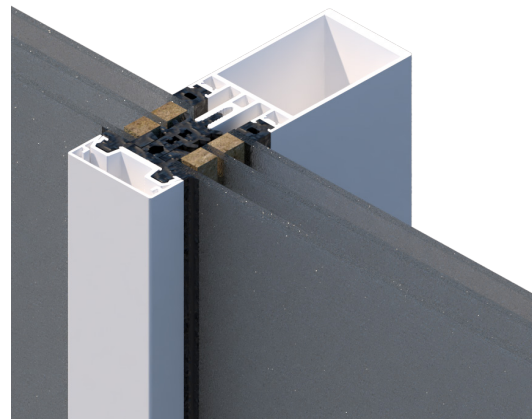


Figura10: Dettaglio facciata continua

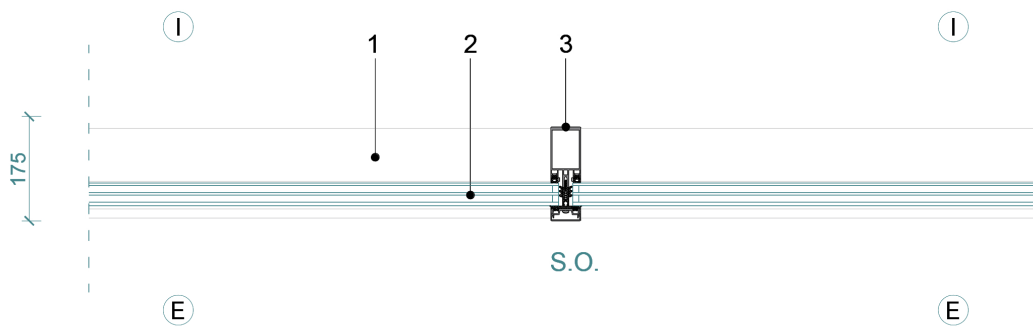


Figura11: Facciata continua

Strato	Descrizione
1	Traverso in acciaio ad isolamento termico - dim. 5x15,7cm, $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Triplo vetro stratificato - sp. 38mm, $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Montante in acciaio ad isolamento termico - dim.5x15,7cm, $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

CHIUSURA ORIZZONTALE CONTROTERRA

Passando all'analisi delle soluzioni tecnologiche orizzontali, la chiusura orizzontale controterra rappresenta la soluzione di separazione tra ambiente interno e terreno. Essa deve garantire una ottima prestazione a livello energetico, deve inserirsi correttamente con il sistema di fondazioni e deve allontanare dall'ambiente interno le tossicità presenti all'interno del terreno, come il gas radon. Questo gas, dal terreno, si disperde nell'aria degli ambienti interni chiusi a causa delle differenze di pressione che si instaura tra gli i locali e l'ambiente esterno. Il gas penetra attraverso vari punti della stratigrafia, come i canali di aerazione e i fori delle intercapedini delle abitazioni. Rimanendo in contatto per lunghi periodi con il radon, esso esercita una azione tossica di tipo cronico sulle strutture polmonari. Per questo è stato pensato di utilizzare un vespaio aerato che diminuisca al minimo il passaggio di eventuali sostanze; la stratigrafia prevede l'utilizzo di un sistema a igloo interamente in EPS tipo "AirCrab", progettato per essere fortemente resistente ai carichi applicati, resistente alla risalita dell'umidità e avere alti valori prestazionali in termini di comfort interno e risparmio energetico. Il vespaio poggia su uno strato di livellamento in sabbia cemento detto "magrone" dello spessore di 10 cm per ottenere una superficie il più regolare possibile sul quale installare il sistema in EPS. Al di sopra, viene gettata una cappa di

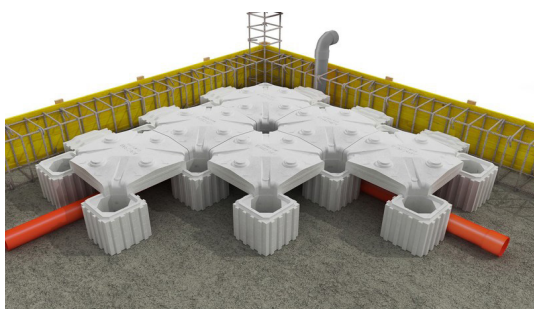


Figura12: Esempio di applicazione sistema AirCrab

completamento in calcestruzzo nella quale viene inserita una rete elettrosaldata. Questa ha il compito di ripartire i carichi applicati sul solaio controterra lungo tutta la sua superficie, evitando così eventuali fessurazioni. Come ulteriore protezione termica, viene previsto uno strato isolante in EPS dello spessore di 15 cm sul quale viene posta una membrana freno vapore nella parte più calda dell'isolante. Al di sopra un materassino fonoassorbente evita il trasmettersi di vibrazioni dovute al calpestio, andando così a controllare l'aspetto acustico del sistema tecnologico. A completamento della stratigrafia uno strato di regolazione in CLS alleggerito consente il passaggio impiantistico e la posa della finitura. L'intero pacchetto ha uno spessore di 87.3 cm, garantendo un ottimo valore di trasmittanza per quanto riguardano le chiusure orizzontali controterra: 0.184 W/m²K. Analizzando il grafico di Glazer, si appura che la stratigrafia non è rischio di condensa interstiziale.

Spessore	Trasmittanza	Sfasamento
87.3 cm	0.184 W/m ² K	16.4 h

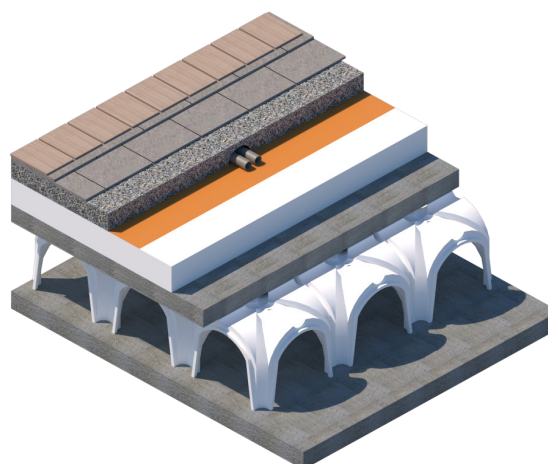


Figura13: Stratigrafia chiusura orizzontale controterra

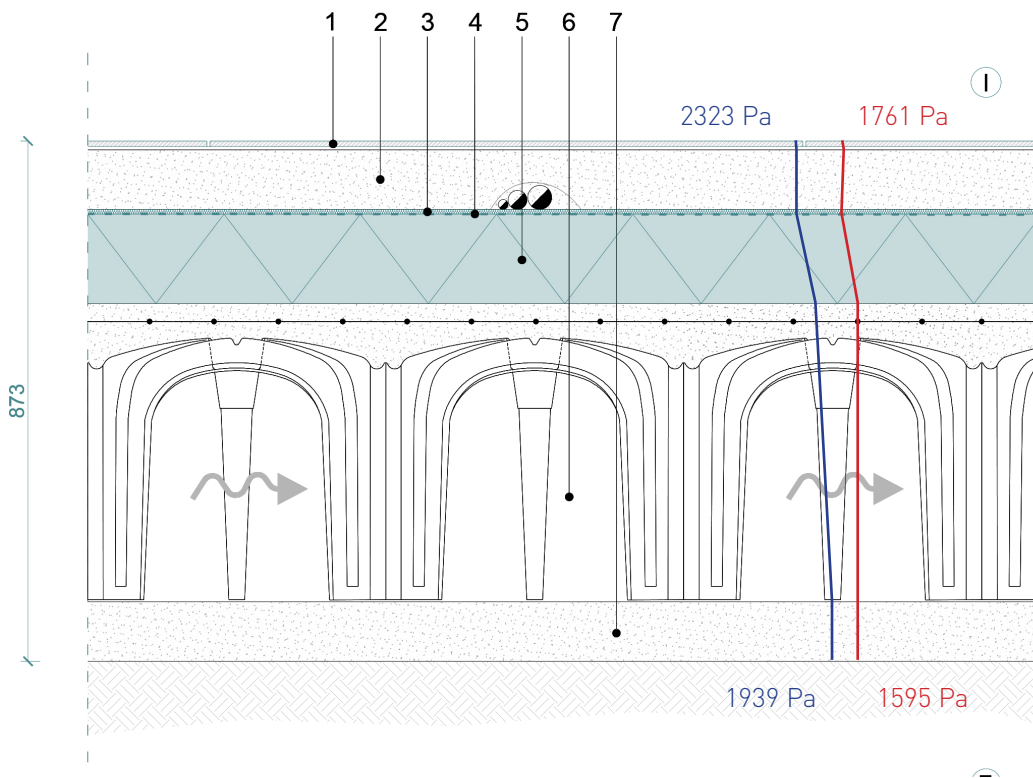


Figura14: Chiusura orizzontale controterra

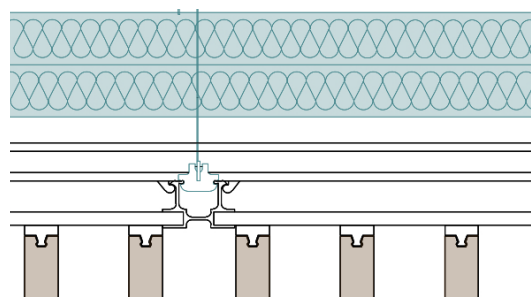
Strato	Descrizione
1	Strato di finitura: piastrelle per esterni - sp. 1 cm, dim.100x100 cm, fissato tramite colla
2	Strato di regolazione: sottofondo in CLS alleggerito - sp.10 cm, $\lambda=0,142$ W/mK, $\rho=600$ Kg/m ³
3	Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp. 0.8 cm, $\rho=1,8$ Kg/m ² , L/w=37dB
4	Strato di tenuta: freno vapore - sp. 0,55 mm, $\lambda= 0,022$ W/mK, $\mu=9091$
5	Strato di isolamento: pannelli in EPS - sp.15 cm, $\lambda=0,034$ W/mK, $\rho=30$ Kg/m ³ /
6	Strato di separazione: vespaio aerato tipo "igloo" in EPS sp. 40 cm, $\lambda=0,35$ W/mK, con cappa collaborante sp. 5 cm e rete elettrosaldata
7	Strato di livellamento: (magrone) in sabbia cemento sp 10 cm, densità 1600 kg/m ³ $\lambda = 0,59$ W/mK

PARTIZIONE ORIZZONTALE

Parquet

Analizzando le partizioni orizzontali dell'edificio, si è studiato il pacchetto tecnologico riportato nello schema della pagina seguente. La tecnologia individuata serve a separare due ambienti interni, entrambi i quali sono soggetti a riscaldamento e raffrescamento. La particolarità di questa stratigrafia è quella di presentare nella parte superiore del pacchetto una finitura in laminato mentre nel soffitto dell'ambiente al piano inferiore presenta un sistema di controsoffitto intervallato da un sistema di lamelle in legno che interrompono la regolarità del controsoffitto in cartongesso. Tra l'interasse dei listelli in cartongesso è possibile inserire il sistema di illuminazione artificiale il quale evidenzia ancora di più la presenza di una finitura diversa sul soffitto. Lo spazio tra le lamelle facilita inoltre l'installazione e la manutenzione dei sistemi di condizionamento dell'aria ove previsti. Analizzando nel dettaglio gli strati che compongono il pacchetto tecnologico, partendo dalla parte superiore, si trova lo strato di finitura in laminato posato su una doppia orditura di pavilastre, le quali garantiscono un livellamento uniforme lungo tutta la superficie calpestabile. Al di sotto delle pavilastre è presente un materassino atto a isolare acusticamente i rumori dovuti al calpestio. Un massetto di argilla espansa dello spessore di 17 cm consente di regolarizzare la superficie irregolare dovuta alla gettata dello strato strutturale sottostante in BubbleDeck. Viene progettato un intercapedine di aria di 30 cm il quale consente il passaggio impiantistico delle tubazioni relative al condizionamento dell'aria e a tutti quei sistemi tecnologici che necessitano di raggiungere tutti i luoghi dell'edificio. A protezione del rumore che essi possono causare durante la loro attività e per un ulteriore isolamento termo-acustico, è stato previsto uno strato di lana di roccia; sono previsti due strati di lana isolante per agevolare le operazioni di posa in quanto lo strato isolante necessita di superare il sistema

di orditura a sostegno del controsoffitto. Questo è costituito da un sistema di profili in acciaio a C e delle guide ad U che consentono di installare i pannelli in cartongesso dall'ambiente inferiore. In seguito, sul pannello, verrà applicata la finitura. Per quanto riguarda la parte di stratigrafia caratterizzata da listelli in legno, per far fronte all'esigenza di mantenere una superficie complanare tra listello di legno e pannello in cartongesso, lo spessore dell'intercapedine per il passaggio impiantistico si riduce. Dato che la presenza di questa tipologia di soffitto è presente in alcune zone isolate dell'edificio, la mancanza di spazio per il posizionamento delle tubazioni primarie non risulta costituire un problema. La struttura di legno è sostenuta da una orditura di montanti e guide in acciaio.



Estratto32: Dettaglio lamelle in legno

Spessore

95.2
cm

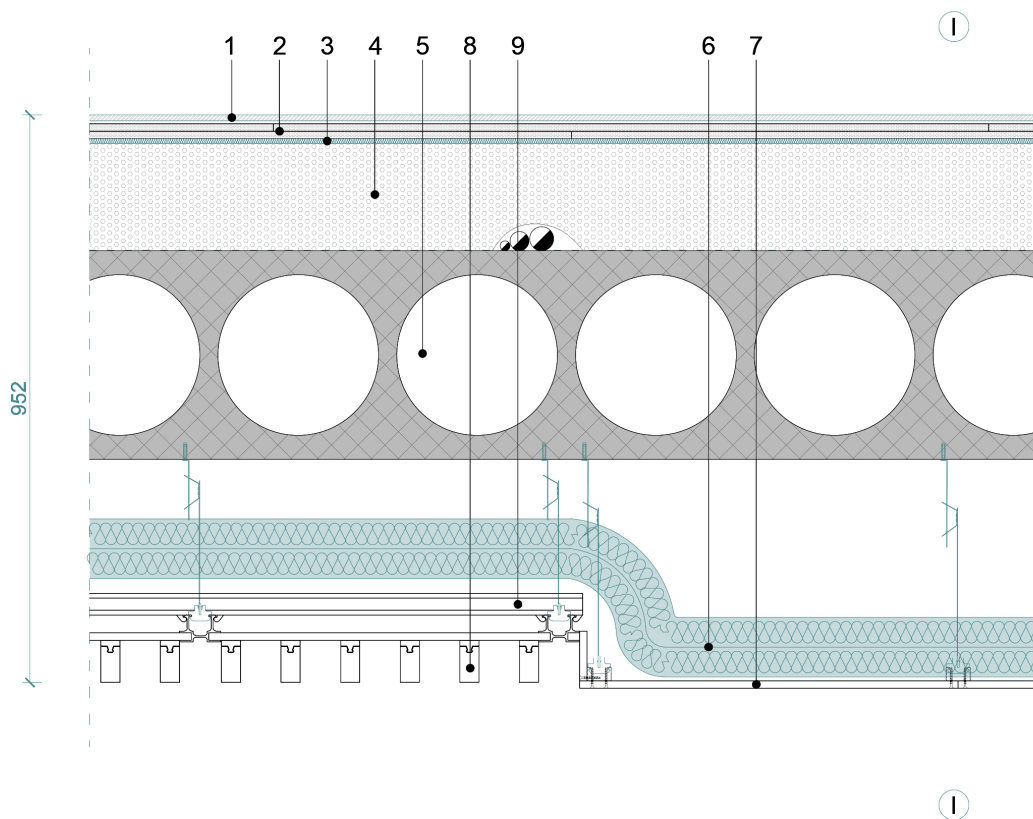


Figura15: Partizione orizzontale - parquet

Strato	Descrizione
1	Strato di finitura: rivestimento in laminato - sp.8mm, $\rho=6,41 \text{ Kg/m}^2$, $\lambda= 0,21\text{W/mK}$
2	Strato di rivestimento: pavilastra posata a doppio strato - sp. 25mm, $\rho=26,8 \text{ Kg/m}^2$, $\lambda= 0,21\text{W/mK}$
3	Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp.8mm, $\rho=1,8 \text{ Kg/m}^2$, $L/w=37\text{dB}$
4	Strato di regolazione: massetto in argilla espansa - sp. 18cm, $\rho=320 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda= 0,09\text{W/mK}$
5	Strato portante: piastra in calcestruzzo, con sistema di alleggerimento tipo BubbleDeck - sp. 35/45 cm
6	Strato di isolamento acustico: materassino in lana di roccia - sp.10cm, $\lambda= 0,034\text{W/mK}$, $\rho= 80\text{Kg/m}^3$
7	Sistema controsoffitto: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio a C (dim. 50x27x0,6mm) e ad U (dim. 30x28x0,6mm), rivestimento in cartongesso, sp.15mm, $\rho= 4\text{Kg/m}^2$, dim. 600x600 mm
8	Strato di rivestimento: listelli in legno - dim.7x3,2cm, passo 10cm
9	Sistema controsoffitto: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio per a C (dim. 35x30x0.5) mm per sostegno strato di rivestimento in listelli di legno

CHIUSURA ORIZZONTALE

Copertura praticabile

La soluzione tecnologica riguardante la partizione orizzontale, viene ripetuta, con i dovuti cambiamenti, anche per quanto riguarda la chiusura orizzontale. Questa divide gli ambienti interni adibiti ad uffici con uno spazio esterno nel quale sorge il percorso di collegamento e la piazza coperta. Partendo dalla base, la stratigrafia presenta la medesima soluzione tecnologica della precedente per quanto riguarda il sistema di controsoffitti (diviso in listelli in prossimità delle parti centrali dei corridoi e zone relax e pannelli in cartongesso per le restanti superfici). Si ripete, al di sopra, un doppio strato di isolamento termo- acustico in lana di roccia. Segue la piastra strutturale con alleggerimenti di spessore variabile a seconda dell'impalcato analizzato (35/45 cm). Dallo strato strutturale, la stratigrafia cambia configurazione per andare a migliorare la prestazione di isolamento termico della tecnologia; si inserisce uno strato di isolamento termico in EPS con l'aggiunta sul lato caldo di una membrana freno vapore che consente di regolare il flusso di vapore acqueo evitando il pericolo di formazione di muffe dovute all'umidità. Al di sopra viene previsto un materassino in lana di roccia che riduce la trasmissione dei rumori di calpesti tra i diversi livelli dell'edificio. Al di sotto dello strato regolarizzante in CLS alleggerito viene posto una membrana impermeabilizzante per bloccare ogni possibile passaggio di acqua all'interno della sezione. In sommità della soluzione tecnologica viene previsto una finitura in piastrelle per esterni.

Spessore

95.2
cm

Trasmittanza

0.193
W/m²K

Sfasamento

11.8
h

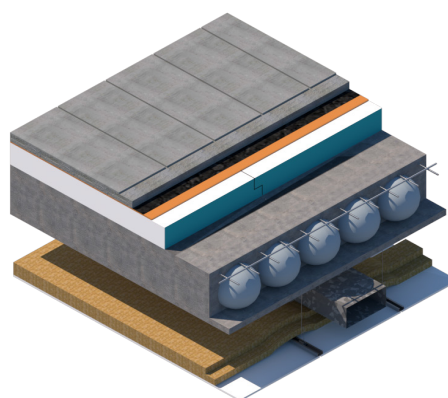


Figura16: Stratigrafia chiusura orizzontale controterra

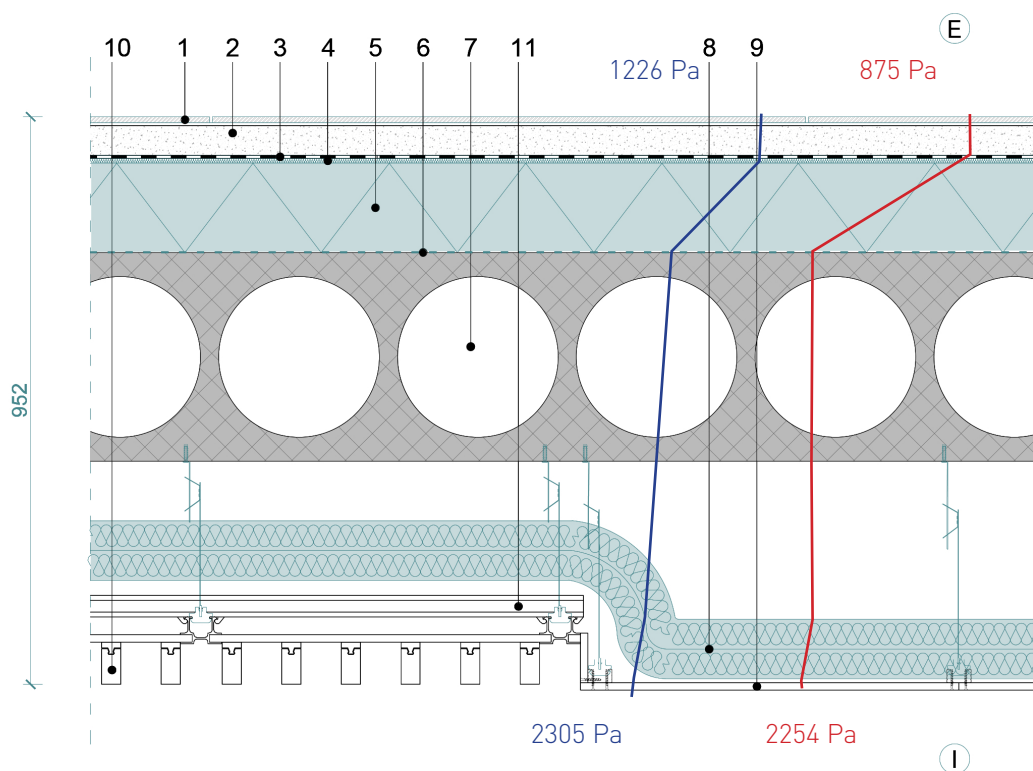


Figura17: Chiusura orizzontale - copertura praticabile

Strato	Descrizione
1	Strato di finitura: piastrelle per esterni - sp. 1cm, dim.100x100cm
2	Strato di regolazione: sottofondo in CLS alleggerito - sp.8 cm, $\lambda=0,142$ W/mK, $\rho=600$ Kg/m ³
3	Strato di impermeabilizzazione: membrana elastomerica con bitume e polimeri - sp.3mm
4	Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp.8mm, $\rho=1,8$ Kg/m ² , L/w=37dB
5	Strato di isolamento: pannelli in EPS - sp.15cm, $\lambda=0,034$ W/mK, $\rho=30$ Kg/m ³
6	Strato di tenuta: freno vapore - sp. 0,55mm, $\lambda= 0,022$ W/mK, $\mu=9091$
7	Strato portante: piastra in calcestruzzo, con sistema di alleggerimento tipo BubbleDeck - sp. 35/45 cm
8	Strato di isolamento acustico: materassino in lana di roccia - sp.10cm, $\lambda= 0,034$ W/mK, $\rho= 80$ Kg/m ³
9	Sistema controsoffitto: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio a C (dim. 50x27x0,6mm) e ad U (dim. 30x28x0,6mm), rivestimento in pannelli in cartongesso, sp.15mm, $\rho= 4$ Kg/m ² , dim. 600x600 mm
10	Strato di rivestimento: listelli in legno - dim.7x3,2cm, passo 10cm
11	Sistema controsoffitto: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio per a C (dim. 35x30x0.5) mm per sostegno strato di rivestimento in listelli di legno

RIVESTIMENTO ESTERNO

Il rivestimento esterno gioca un ruolo importante per l'edificio: conferisce quello che è il linguaggio architettonico scelto durante la progettazione e dal punto di vista tecnologico rappresenta la prima protezione verso l'esterno degli ambienti interni. Oltre ad essere resistente alle azioni degli agenti atmosferici e agli sbalzi termici che subisce durante l'anno, il rivestimento deve garantire una facile posa e agevolare la manutenzione. In relazione a queste esigenze si è optato per realizzare la "pelle" esterna dell'edificio mediante pannelli in fibrocemento ecologico. La superficie colorata in massa in due diverse colorazioni è caratterizzata da una finitura ruvida materica, con l'intento di portare alla memoria la funzione industriale e commerciale originaria del luogo. La lastra è stata considerata come prima schermatura della facciata ventilata resiliente alle azioni esterne che ne possono causare la rottura. La disposizione dei pannelli è stata studiata in modo tale da minimizzare il numero di tagli di materiale e quindi gli sprechi annessi ad essi.

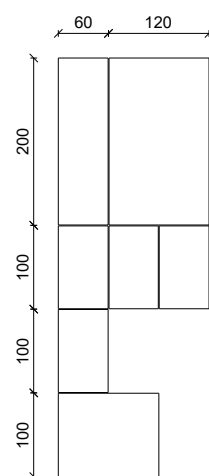
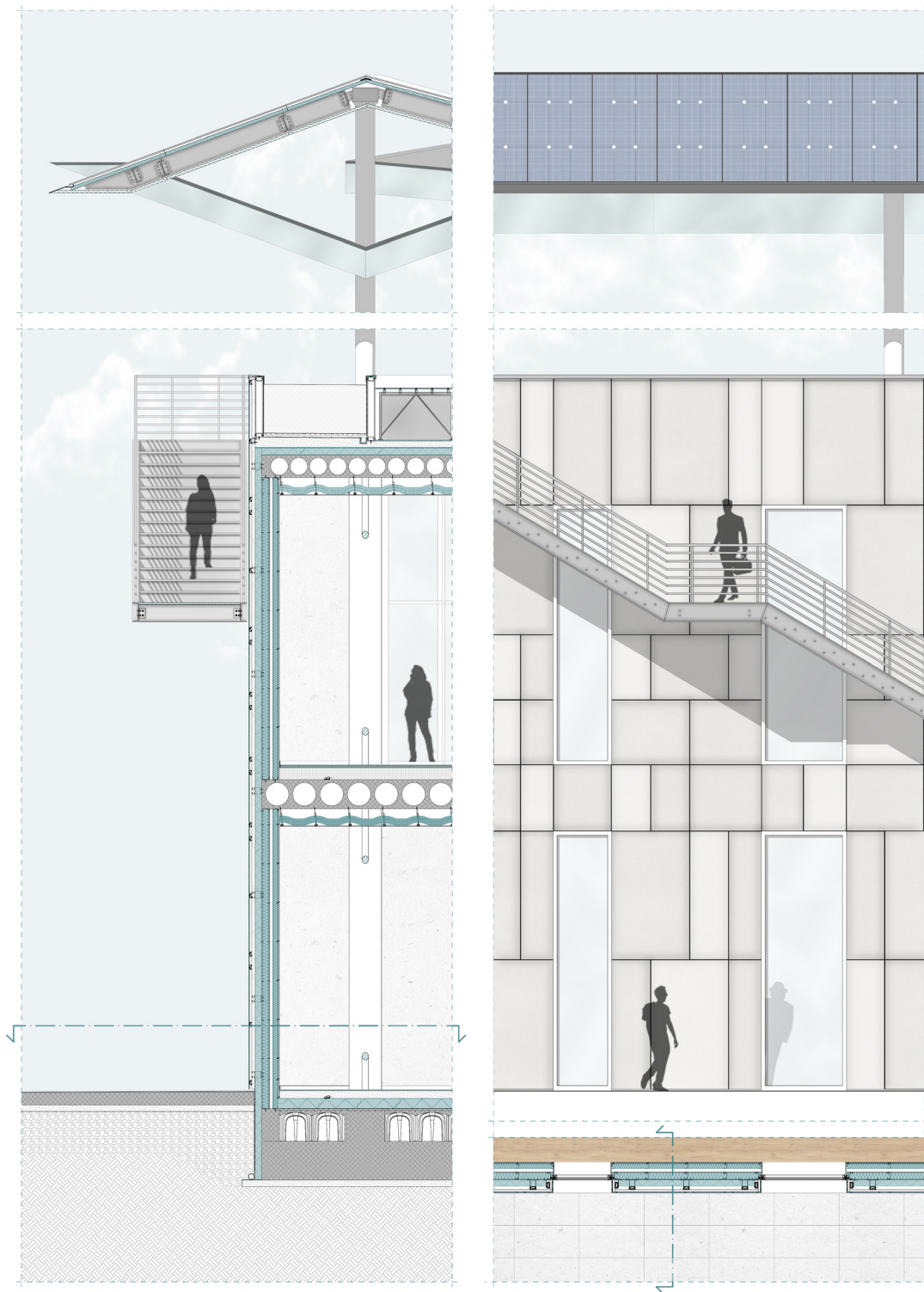


Figura 18: Dimensioni delle lastre in fibrocemento

Per far fronte a questo principio, è stata ideata una regola di progettazione la quale prevede la ripetizione di quattro differenti dimensioni di pannelli sui due primi piani dell'edificio; Il gioco di colori di ciascun pannello aiuta a movimentare il lungo prospetto, rendendolo meno monolitico. Ogni pannello è distanziato tra l'altro da una fuga di dimensioni 1 cm in modo tale da agevolare l'installazione e la manutenzione dalla facciata.



Estratto33: Blowup ristorante

Le lastre di fibrocemento vanno a costituire il layer esterno delle chiusure verticali opache. Queste sono caratterizzate da una tecnologia a secco la quale prevede, come protezione dalle temperature esterne calde e fredde, un corridoio ventilato il quale elimina il calore assorbito dalle lastre, senza trasmetterlo all'interno dell'edificio. La movimentazione dell'aria è permessa grazie ad un'intercapedine che sfrutta la differenza di pressione tra bocchetta superiore e bocchetta inferiore. Il fibrocemento di facciata deve essere quindi sostenuto da una struttura che permetta il passaggio dell'aria ma, allo stesso tempo, deve garantire solidità al sistema di facciata. Sono stati progettati quindi un sistema di montanti e traversi in acciaio disposti perpendicolarmente tra di loro. Gli elementi verticali, ideati come elementi portanti della facciata ventilata, sono fissati in sommità e alla base sulla struttura portante dell'edificio tramite una serie di elementi in acciaio. Quest'ultimi presentano uno strato a contatto del calcestruzzo armato in modo tale da eliminare il ponte termico causato dalla continuità tra acciaio e calcestruzzo. Per contrastare le pressioni negative del vento e per eliminare l'inflessione del montante dovuta ai carichi applicati, sono state inserite ulteriori piastre lungo lo sviluppo verticale. La connessione tra montanti e piastre è affidata ad una serie di bullonature studiate per essere efficaci e facili da installare. Stesso sistema è stato pensato per il fissaggio, su un diverso piano, tra montante e traverso; il montante si posizionerà vicino allo strato di isolamento termico a differenza del traverso il quale si pone esteriormente per accogliere successivamente l'installazione delle pannellature in fibrocemento di rivestimento.

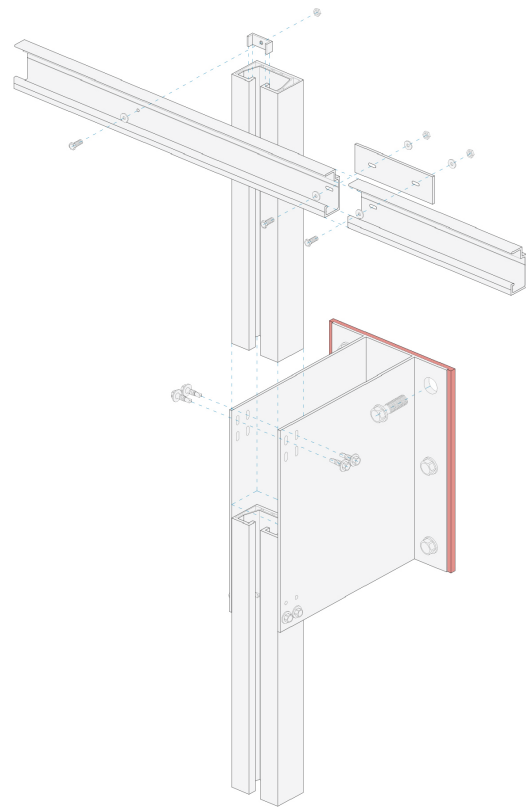


Figura19: Schema della struttura della facciata ventilata

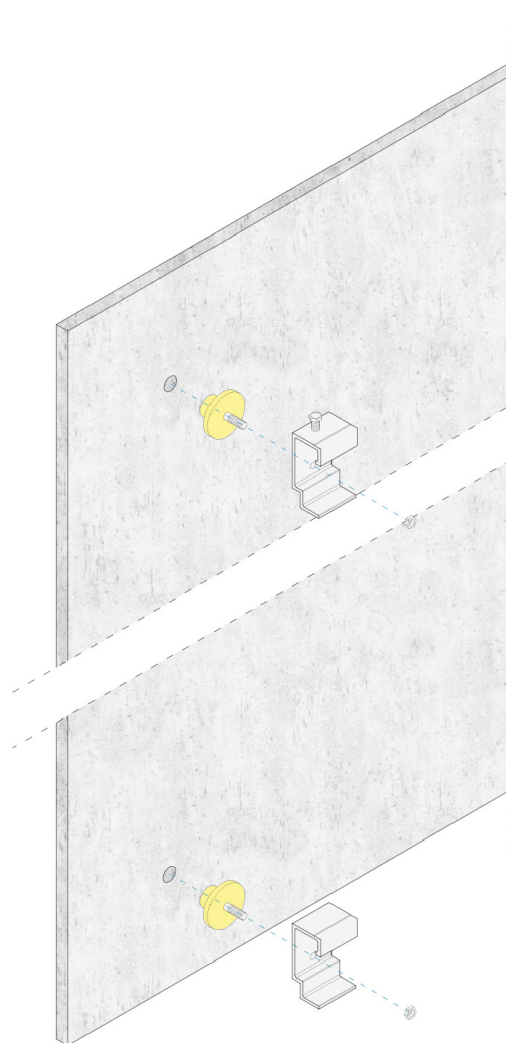


Figura20: Sistema di fissaggio lastra

I pannelli in facciata vengono installati mediante un sistema ad aggancio sul traverso della struttura della facciata ventilata. La lastra in fibrocemento viene lavorata durante le fasi di produzione in modo tale da arrivare in cantiere con un foro posto nella faccia non visibile all'esterno. Il foro viene effettuato mediante una speciale punta ad espansione che permette di avere un foro svasato verso l'interno. In esso viene inserito uno speciale bullone la quale testa segue la forma del foro

eseguito sul pannello. Per fissare questi due elementi viene inserita una resina che salda in maniera permanente i due elementi. Al bullo viene fissata una clip che si incastra perfettamente con il profilo del traverso in acciaio. Essendo i pannelli esterni elementi installati a lavori esterni compiuti, questo metodo di fissaggio consente di installare rapidamente la facciata agevolando inoltre le operazioni di pulizia e manutenzione durante la vita utile dell'edificio.

ANALISI ILLUMINOTECNICA

Andando ad analizzare l'edificio dal punto di vista illuminotecnico, l'attenzione è stata posta su alcuni elementi che caratterizzano il linguaggio architettonico e, allo stesso tempo, garantiscono un efficace controllo dei livelli di luce diurna e di illuminanza. Le grandi vetrate permettono alla luce di entrare durante tutte le ore del giorno, andando ad illuminare gran parte degli spazi interni dell'edificio. La scelta architettonica di posizionare al centro della pianta una corte interna, anch'essa interamente vetrata, permette alla luce di raggiungere le zone centrali dell'edificio.

La copertura svolge, allo stesso tempo, un ruolo opposto a quello delle grandi facciate continue: protegge la piazza superiore dalla radiazione solare diretta, creando una zona d'ombra. La copertura aggettante interviene in maniera positiva anche per quanto riguarda il comfort interno.

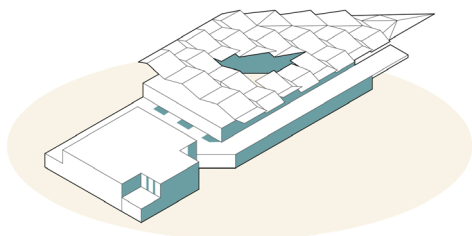
Questi e altri elementi architettonici sono stati analizzati di seguito nei riguardi del comfort illuminotecnico.

FINESTRE

Posizione e dimensione

Le superfici vetrate sono state poste sul fronte sud, in maniera tale da massimizzare gli apporti solari durante il periodo invernale e garantire un'ampia visione del parco antistante. Per garantire un adeguato illuminamento delle zone interne il blocco uffici prevede un vuoto centrale completamente vetrato.

Il fronte nord, affacciandosi su una strada trafficate, è caratterizzato da una serie di vetrate verticali che garantiscono il soddisfacimento dei requisiti illuminotecnici.



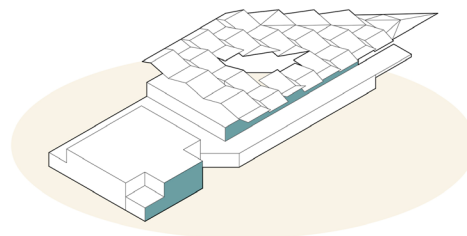
Estratto34: Schema analisi illuminotecnica - finestre

SCHEMATURA INTERNA

Tende bianche

La biblioteca, per scelta architettonica, rimane completamente vetrata e la funzione di schermatura rispetto alla radiazione solare è garantita da un sistema di tende interne.

In maniera analoga la parte di uffici destinata a meeting room, essendo rientrata rispetto al piano terra e maggiormente schermata dalla copertura, prevede solamente le tende interne. Quest'ultime consentono, non solo di schermare dalla luce solare, ma di mantenere una maggiore riservatezza rispetto all'esterno durante le riunioni di lavoro.

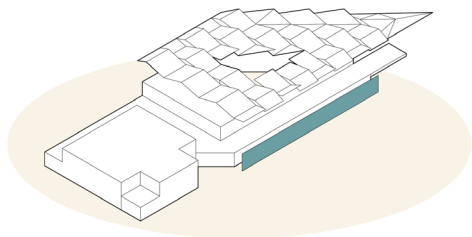


Estratto36: Schema analisi illuminotecnica -schermatura interna

SCHEMATURA ESTERNA

Sistema di frangisole dinamici

Sul fronte sud, per limitare gli apporti solari ed evitare l'abbagliamento è stato inserito un sistema di schermatura esterno costituito da una doppia serie di lamelle a sezione circolare che, grazie ad un sistema meccanizzato, consentono la regolazione della radiazione solare.

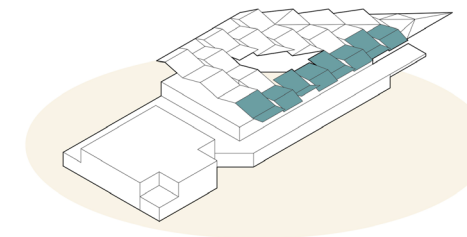


Estratto35: Schema analisi illuminotecnica -schermatura esterna

AGGETTO

Copertura

La copertura aggettante, oltre ad essere un elemento di forte impatto da un punto di vista architettonico, consente di riparare dagli agenti atmosferici il percorso in quota e di schermare la radiazione solare al piano primo.



Estratto37: Schema analisi illuminotecnica -aggetto

ANALISI FATTORE DI LUCE DIURNA (FLD)

Le analisi illuminotecniche effettuate riportano lo studio del Fattore di Luce Diurna (FLD). Questo fattore, espresso in percentuale, risulta essere il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato all'esterno, su una superficie orizzontale. Come da normativa, le analisi dell'FLD sono state effettuate in situazione di cielo coperto nell'arco dell'anno. Vengono riportati di seguito i valori soglia utilizzati per l'analisi illuminotecnica del piano terra e piano primo dell'edificio al di sotto del quale non vengono garantiti i valori di illuminazione naturale sufficienti e i valori ottimali per un buono comfort interno visivo.

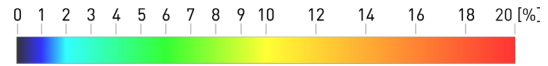
La seguente analisi riporta un valore medio annuale di partenza per lo studio e la comprensione della luce naturale all'interno degli spazi nonché permette di evidenziare le aree meno illuminate e quindi indirizza la pianificazione delle funzioni interne e dell'illuminazione artificiale.

PIANTA PIANO TERRA

Gli spazi di lavoro inseriti nella pianta al piano terreno necessitano di una buona quantità di luce naturale in quanto prevedono attività di lavoro e studio. La grande vetrata a sud consente di superare ampiamente il valore del 4% di FLD moderata dalla presenza di frangisole. Risulta fondamentale per il raggiungimento della luce naturale nel centro dell'edificio la corte interna e le aperture sul prospetto nord. Le zone di discreta illuminazione accolgono funzioni che non necessitano di un elevato fattore di luce diurna. Simili osservazioni possono essere fatte per lo spazio adibito a biblioteca dove, la presenza di tende mobili anziché frangisole fissi, consente di portare all'interno una quantità maggiore di luce. In quanto le postazioni studio risultano arretrate rispetto la facciata. Nella parte a nord dello spazio dedicato alla biblioteca si osservano valori

PARAMETRI DELLE ANALISI⁸

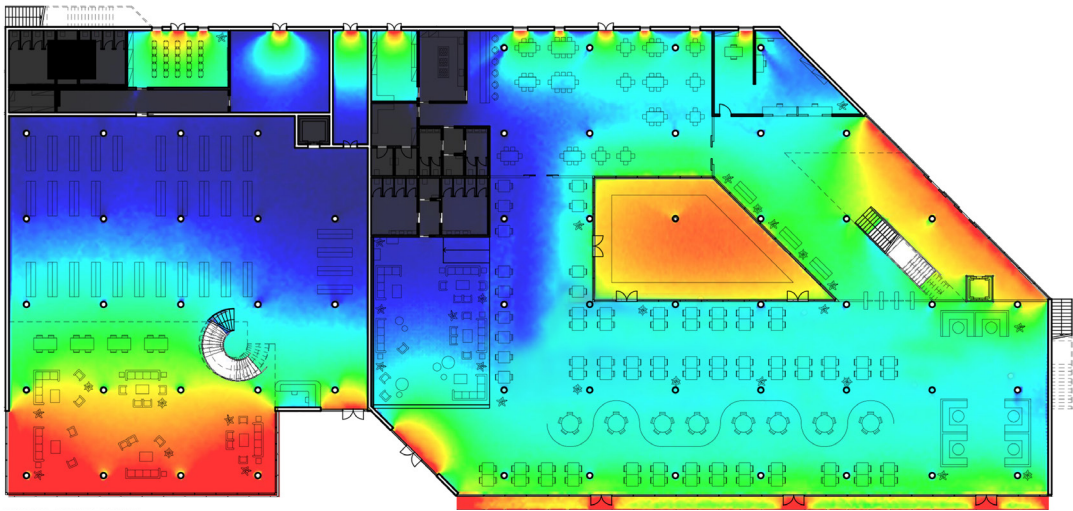
Valutazione FLD:
FLD < 1% = insufficiente
1% < FLD < 2% = discreto
2% < FLD < 4% = buono
FLD > 4% = ottimo



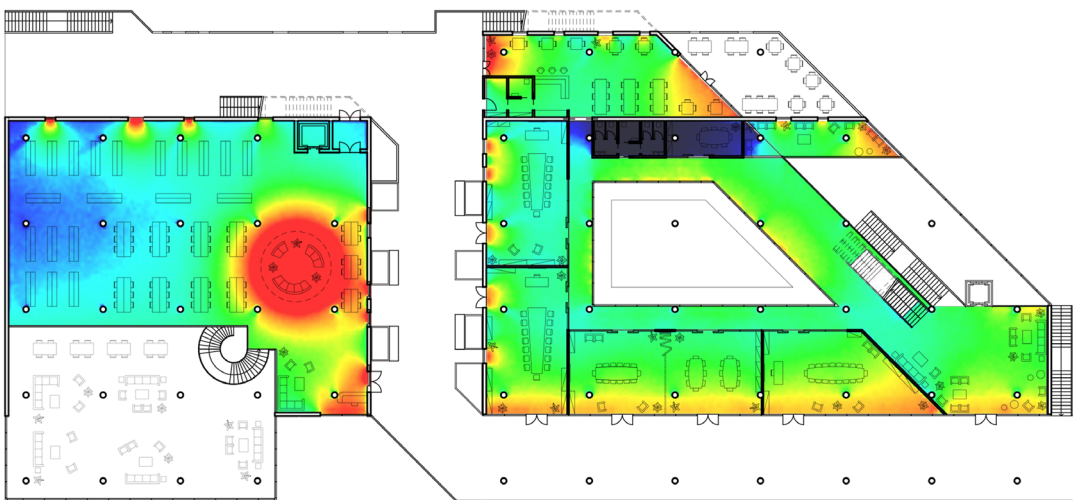
discreti e talvolta insufficienti di FLD; la presenza di scaffalature consente di non intervenire sulle aperture per aumentare l'apporto di luce esterna.

PIANTA PIANO PRIMO

Al piano primo, invece, l'open space lascia spazio a locali meeting di dimensioni ridotte. Come si osserva dalle analisi dell'FLD, in ogni di questi viene di gran lunga superato il valore soglia del 4% il quale riporta un ottimo illuminazione naturale. Per quanto riguarda la gestione delle grandi vetrate a sud, al contrario del piano terra, la copertura aggettante unita alla presenza di tende mobili, consente la regolazione della luce proveniente dall'esterno.



Estratto38: FLD Pianta piano terra



Estratto39: FLD Pianta piano primo

ANALISI ILLUMINANZA

Col fine di analizzare nel dettaglio il livello di comfort interno negli spazi relativi ad open space, sono state eseguite delle analisi illuminotecniche nei riguardi dell'illuminanza. Queste valutazioni ci hanno permesso di constatare i livelli di Lux interni, andando a guidare il processo di dimensionamento delle lamelle che compongono la schermatura esterna in frangisole. Le seguenti analisi sono state svolte considerando il funzionamento delle lamelle in posizione chiusa.

Per una verifica adeguata sono stati considerati uno scenario estivo, caratterizzato da un'altezza solare maggiore, e uno scenario invernale, caratterizzato invece da un'altezza solare minore. Nelle varie simulazioni si può notare l'effetto sull'illuminamento interno al variare della sezione dei frangisole. Nelle simulazioni sono stati considerati i frangisole disposti a sud con un diametro per le bacchette pari a 20, 30 e 40mm. L'analisi è stata eseguita su una porzione di open space relativo al piano terra dell'edificio.

SITUAZIONE ESTIVA

Analizzando nel dettaglio la situazione illuminotecnica nel periodo estivo, si può notare come, esclusa la prima simulazione, il sistema di schermatura a lamelle in frangisole sia in grado di regolare la quantità di luce naturale all'interno dell'ambiente. Inoltre, nella quasi totalità delle postazioni di lavoro la quantità di luce risulta essere pari a 600 lux, garantendo quindi un comfort illuminotecnico ottimale.

SITUAZIONE INVERNALE

Durante il periodo invernale l'altezza solare ridotta porta ad una maggior presenza di luce naturale all'interno degli ambienti. L'effetto della schermatura esterna risulta, solamente in parte, efficace con il diametro di bacchette maggiore.

Per questo motivo, durante il periodo invernale per un controllo efficace della luce

PARAMETRI DELLE ANALISI⁹

Localizzazione
Sito di progetto:
Via Isonzo, Milano (MI)

Latitudine:
45°26'47" N

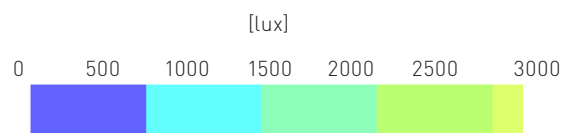
Longitudine:
9°12'34" E

Superfici
Pareti: intonaco bianco
(riflettanza=84% - rugosità=3%)

Soffitto: intonaco bianco
(riflettanza=84% - rugosità=3%)

Pavimento: linoleum
(riflettanza=60% - rugosità=5%)

Serramento:
facciata continua in alluminio con triplo vetro
(trasmissione luminosa=70%)

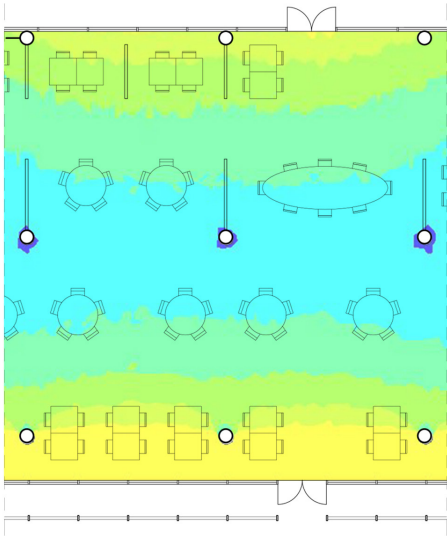


è necessario implementare un sistema di tende interne. L'integrazione di questi due sistemi consente da un lato un ottimale gestione della luce naturale e dall'altro lo sfruttamento dei guadagni solari nel periodo invernale.

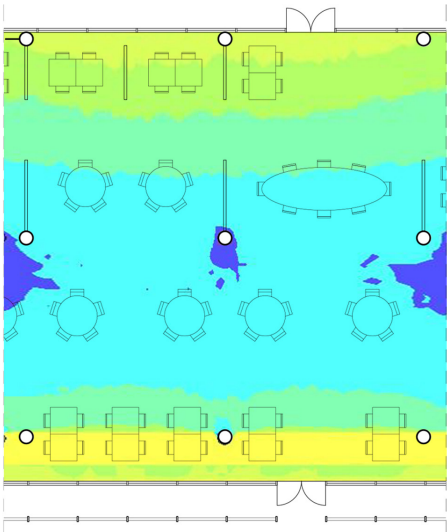
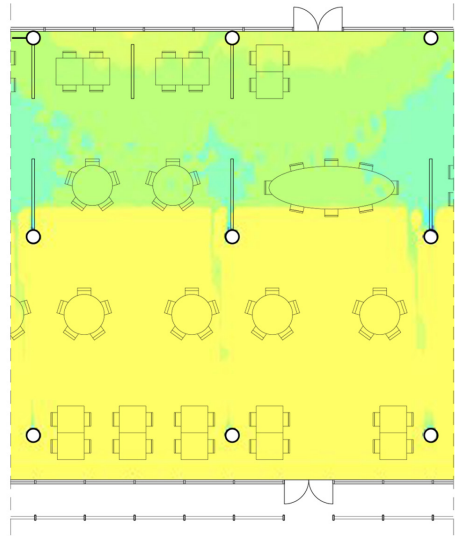
CONCLUSIONE

La scelta ottimale risulta essere la terza, caratterizzata dalle bacchette di diametro maggiore (40mm), che consente un'adeguata schermatura in entrambi i periodi.

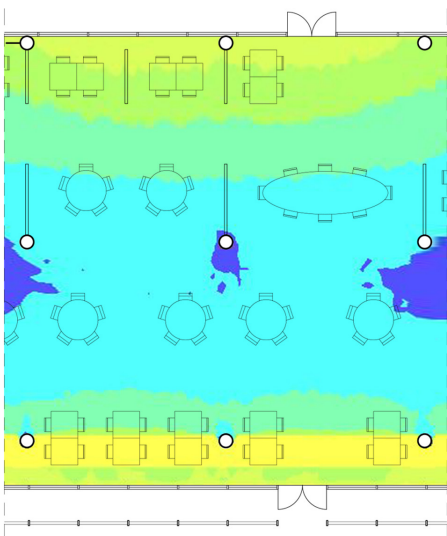
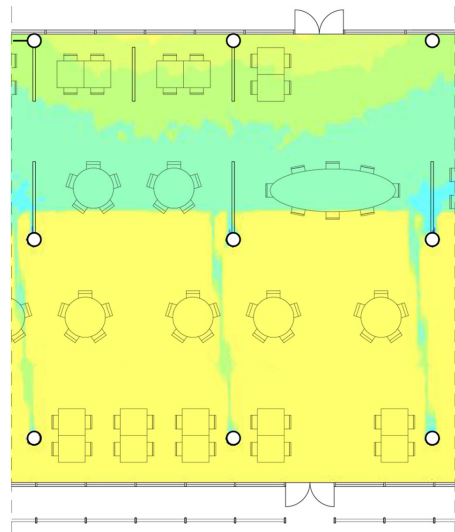
Il sistema di schermature analizzato prevede la possibilità, tramite un meccanismo automatizzato di ridurre il passo delle lamelle, consentendo così un maggior ingresso di luce naturale e permettendo una migliore vista del parco esterno. Questo sistema può quindi essere attivato ed utilizzato a cielo coperto, favorendo l'ingresso di luce naturale.



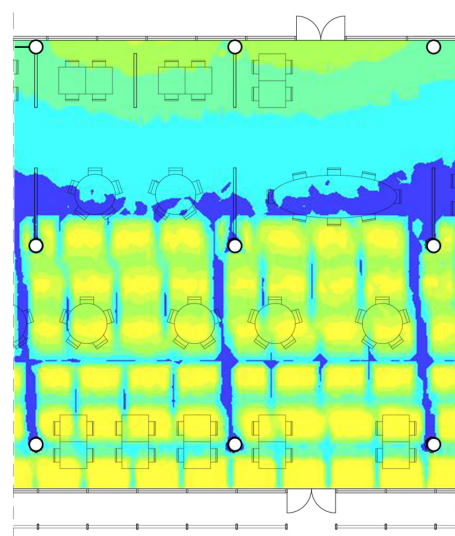
Diametro 20 cm



Diametro 30 cm



Diametro 40 cm



Estratto40: Simulazioni illuminanza - estate

Estratto41: Simulazioni illuminanza - inverno

SCHEMATURE ESTERNE

Il sistema di schermatura rappresenta una parte importante per quanto riguardano gli aspetti architettonici e tecnologici dell'edificio. Esso, oltre ad essere un elemento impattante sui prospetti, risulta essere un ottimo elemento di controllo degli apporti solari e della luce che penetra nelle superfici trasparenti. Deve quindi integrarsi con le scelte architettoniche effettuate in relazione agli altri elementi presenti all'interno del progetto oltre a considerare i possibili pericoli e integrazione con le persone che occuperanno le aree esterne e il contesto circostante.

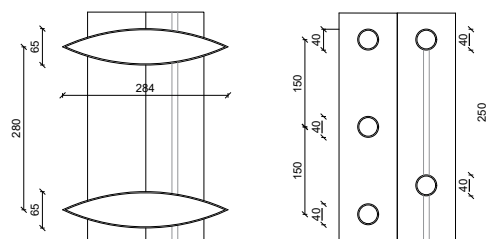
Analizzando nel dettaglio l'edificio, la grande vetrata posta a sud, la quale divide l'ambiente esterno con gli spazi studio e di open space, obbliga la progettazione di un sistema che consenta una serie di vantaggi a favore degli utilizzatori. Essi sono stati riassunti in:

- passaggio della luce naturale negli spazi interni;

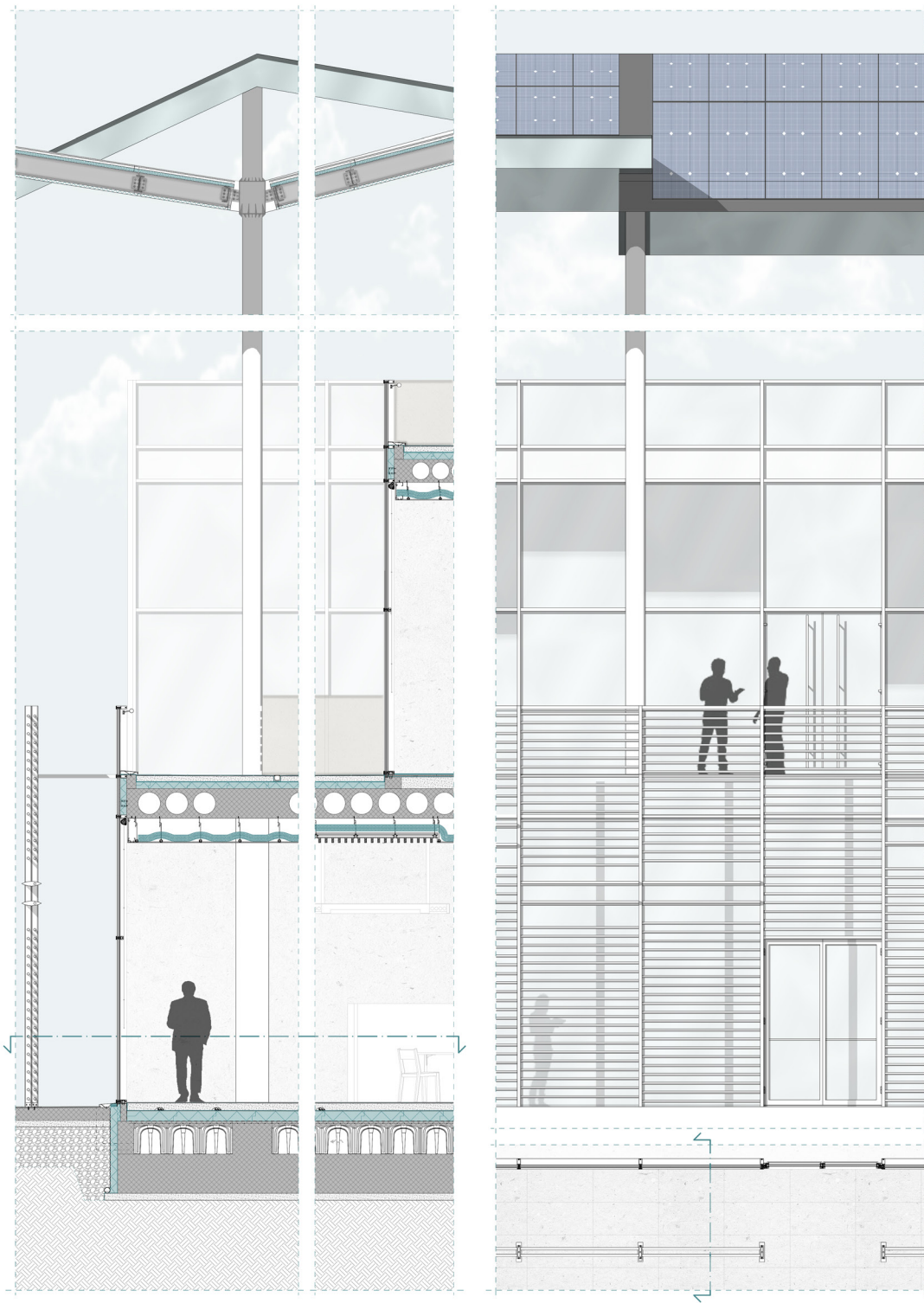
- aumento degli apporti solari in inverno e riduzione in estate;
- consentire la vista dall'interno sul contesto esterno.

In relazione alle esigenze sopra citate, è stato progettato un sistema di schermatura su doppio piano a lamelle tonde misto a lamelle aggettanti a forma ogivale. Questo consente di variare la "densità" di schermatura durante i vari periodi dell'anno, andando a rispondere alle esigenze riportate in precedenza.

Le sezioni sono le seguenti:



Estratto42: Specifiche dei frangisole



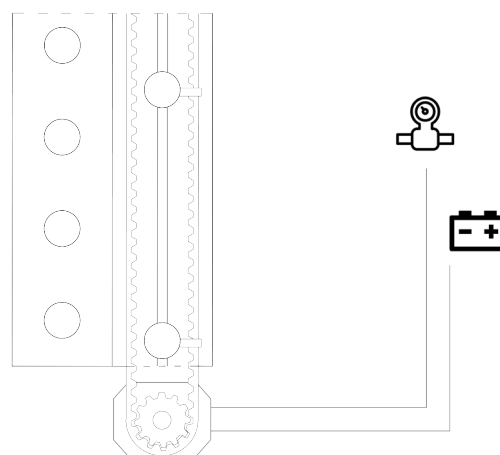
Estratto43: Blowup uffici

Nel blowup si percepisce come il sistema di schermatura sia integrato all'edificio. Si nota subito come la struttura del sistema di schermatura è posto ad una distanza di 1.20 metri dalla facciata continua. Questo consente un ulteriore controllo degli apporti solari attraverso le superfici trasparenti in quanto si viene a creare una sorta di "buffer zone" tra frangisole e facciata continua. In aggiunta alle strategie applicate nella selezione e progettazione delle tecnologie dell'involucro, questo spazio esterno consente di esportare, in configurazioni diverse durante il periodo dell'anno, il calore dei raggi solari che per irraggiamento vanno ad aumentare la superficie della schermatura, portando poi un aumento della temperatura della superficie trasparente qualora esse siano poste a contatto con i frangisole.

Oltre a funzionare come "buffer zone", il distanziamento consente di identificare un percorso sicuro di emergenza. Infatti analizzando nel complesso il sistema di schermatura è possibile individuare delle parti nel quale il sistema di lamelle viene a mancare. In quei punti sono poste le uscite di emergenza degli spazi interni dell'open space.

La doppia struttura del sistema di frangisole consente di intervenire sulle configurazioni studiate su solo uno strato. Il meccanismo di configurazione è azionato da un motore elettrico posto alla base del sistema di schermatura il quale, tramite una ruota dentata, muove una cinghia. Su di essa sono legati mediante dei sistemi di fissaggio appositi, lamelle poste nello strato più vicino alla superficie trasparente dell'edificio. Le lamelle possono scorrere lungo il montante verticale grazie a una guida ricavata sulla struttura del sistema di schermatura.

Questo sistema mobile consente di configurare i frangisole autonomamente grazie alla presenza di sensori all'interno degli spazi dell'edificio i quali valutano la quantità di apporti solari.



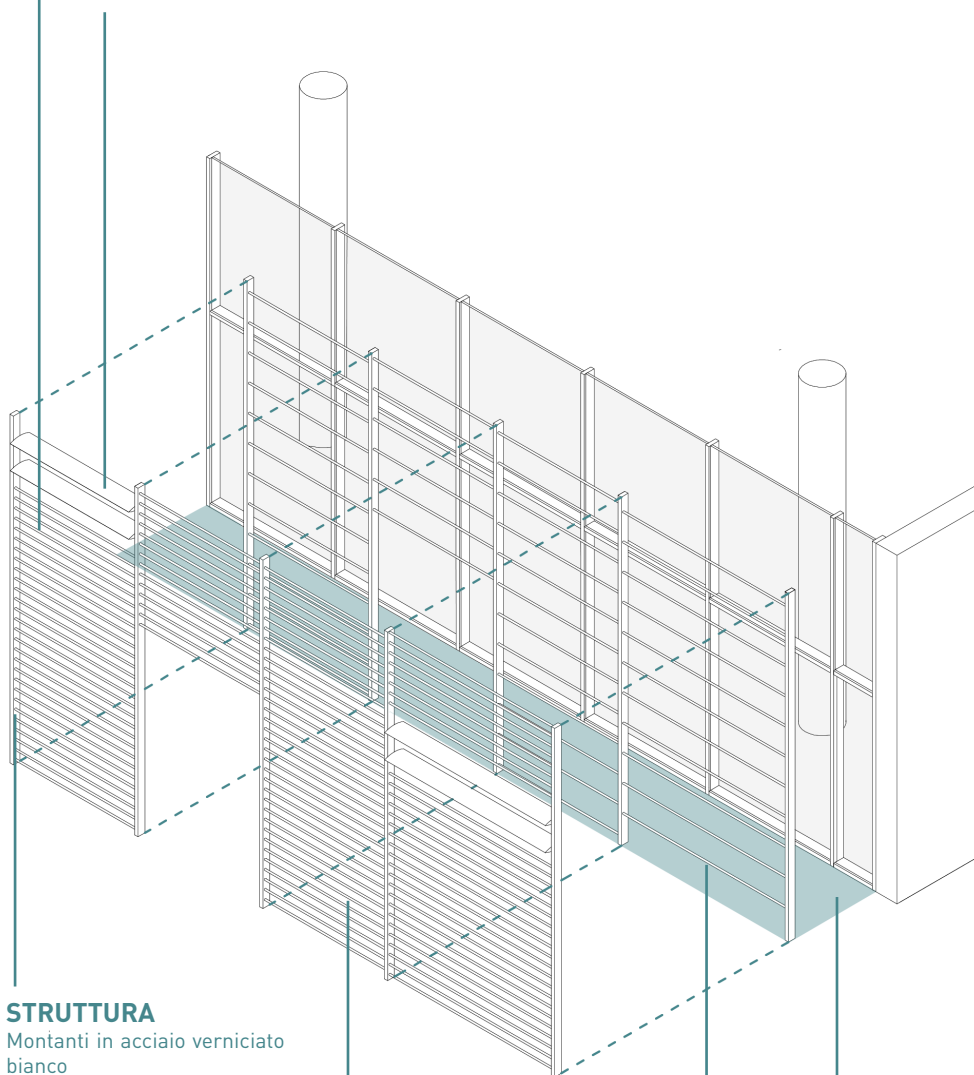
Estratto44: Dettaglio movimentazione frangisole

BARRE

circolari cave in alluminio verniciato
bianco fissate ai montanti tramite
bulloni e dadi

LAMELLE

con funzione di aggetti
verniciate in bianco



STRUTTURA

Montanti in acciaio verniciato
bianco

SECONDO LAYER

Sistema di schermatura fisso

BUFFER ZONE

Per il controllo degli apporti
solari. Larghezza di 120 cm dalla
facciata continua

PRIMO LAYER

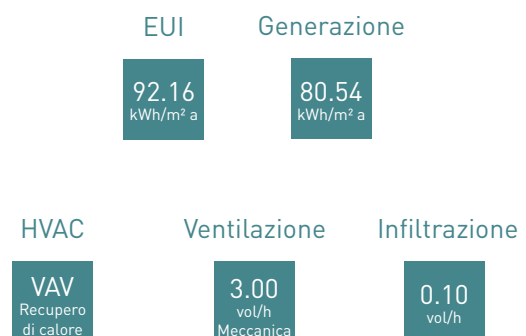
Sistema di schermatura mobile
attraverso un sistema motorizzato

Estratto45: Assonometria buffer zone

ANALISI ENERGETICA

L'aspetto energetico di un edificio ricopre un ruolo di fondamentale importanza nel processo di progettazione. Esso ne denota i consumi in termini di energia, i costi di gestione degli spazi per il condizionamento dell'aria e soprattutto i costi dei macchinari atti a trattare l'aria. È quindi di fondamentale importanza capire quelle che sono le necessità in termini di carichi da apportare all'edificio in modo tale da scegliere e progettare un sistema consono. Date le grandi dimensioni dell'edificio oggetto di progetto e la grande varietà della superfici trasparenti e opache, l'analisi energetica è utile ad analizzare il comfort interno e la quantità di energia richiesta dal sistema per ottenere una qualità elevata negli spazi interni. Il primo step è quello di selezionare la migliore tecnologia di raffrescamento, riscaldamento e movimentazione dell'aria in grado di meglio integrarsi con gli aspetti tecnologici e architettonici dell'edificio. Si è optato per un sistema VAV con recuperatore di calore, analizzato nel dettaglio nel capitolo relativo agli impianti. Il complesso, come

precedentemente analizzato, accoglierà diverse funzioni. Essendo un edificio che accoglierà attività prettamente sedentarie, la corretta impostazione del sistema di condizionamento è necessaria ad ottenere un adeguato comfort interno e deve essere rispondente alle diverse esigenze degli spazi. Vengono riportati i principali indici che sono stati utilizzati e ricavati dalle simulazioni energetiche effettuate tramite il software DesignBuilder, modellando l'edificio con i valori di trasmittanza, infiltrazione, generazione e ventilazioni studiati nei capitoli precedenti.



Il valore di EUI (energy Use Intensity) riporta un valore di 92.16 kWh/m² anno. Riferendosi alle tabelle Energy Star¹⁰ che riporta i valori medi dell'indice EUI, il valore ottenuto dalle analisi, previa trasformazione nell'unità di misura kBtu (Kilo British Thermal Unit), rientra nei valori riguardanti edifici ad uffici con biblioteche.

I valori di generazione ricavati dalle analisi riportano un valore di 80.54 kW/m² anno. Esse sono state computate utilizzando i valori riportati in tabella confrontati con i valori riportati dal plug in dell'Unione Europea (EU Science Hub) PVGIS¹¹, il quale consente di ricavare dati sugli impianti fotovoltaico in relazione alla potenza nominale del pannello e alla posizione nel quale viene installato l'impianto.

Descrizione	Valore
Tecnologia FV	Silicio Cristallino
Potenza	300 kWp
Perdite di sistema	12%
Angolo di inclinazione	35°
Produzione annuale	458311.68 kWh
Irraggiamento annuale	1684.27 kWh/m ²

Tabella01: Valori per il calcolo della produzione FV

Come ultimi indici riportati in evidenza sono presenti i valori di ventilazione e infiltrazione. Il valore fissato per la ventilazione meccanica è 3.00 vol/h¹². Questo consente un buon ricircolo dell'aria presente all'interno dei locali, garantendo salubrità del volume di aria dei locali. Ad esso è aggiunto un valore di infiltrazione medio pari a 0.10 vol/h. Il basso valore è dovuto al fatto che si considera la struttura e le sue chiusure tecnologicamente avanzate, con nodi di giunzione e connessioni studiate nel dettaglio per evitare ponti termici. In relazione alle strategie e analisi spiegate, l'edificio è stato diviso in tre differenti zone termiche, in modo tale da avere un controllo diretto sulle zone di diversa attività.

ZONA TERMICA 1

Open space, spazi di lavoro, meeting room, hall di ingresso, zona relax e servizi accessori del piano terra.

La zona termica 1 che accoglierà le funzioni sopracitate, sarà servita da un sistema di condizionamento generale per l'interezza della sua superficie. In aggiunta a questa, nello spazio open space allestito come spazio di studio e lavoro individuale, verrà predisposto un sistema di "travi fredde" il quale consentirà di gestire in maniera puntuale la temperatura, attivandolo qualora lo spazio venga occupato, riducendo così un inutile spreco di energia elettrica per il funzionamento continuo.

Questo sistema consente inoltre di gestire in maniera autonoma il sistema di illuminazione artificiale, andando ad integrare quello generale di tutta l'area. Data la presenza di una imponente facciata continua che consente sola uscita di emergenza, si prevede un sistema di ventilazione meccanica con recuperatore di calore per il ricircolo dell'area.

ZONA TERMICA 2

Ristorante

Data la posizione dell'edificio all'interno di un contesto cittadino molto sviluppato, si è deciso di separare la zona termica dell'area destinata alla ristorazione in quanto gli spazi possono essere utilizzati una volta che la restante parte di edificio cessa le attività. Anche in questo caso è attivo un sistema di ventilazione meccanica.

ZONA TERMICA 3

Biblioteca

L'ultima zona termica è stata considerata in quanto la dimensione diversa, nonché un diverso utilizzo (meno apporti dovuti ad attrezzature tecnologiche) e un tempo di esercizio diverso da quello delle altre zone consente a riduzione di energia per il condizionamento. La ventilazione meccanica è anche qui presente.

BILANCIO ENERGETICO DELLE ZONE TERMICHE

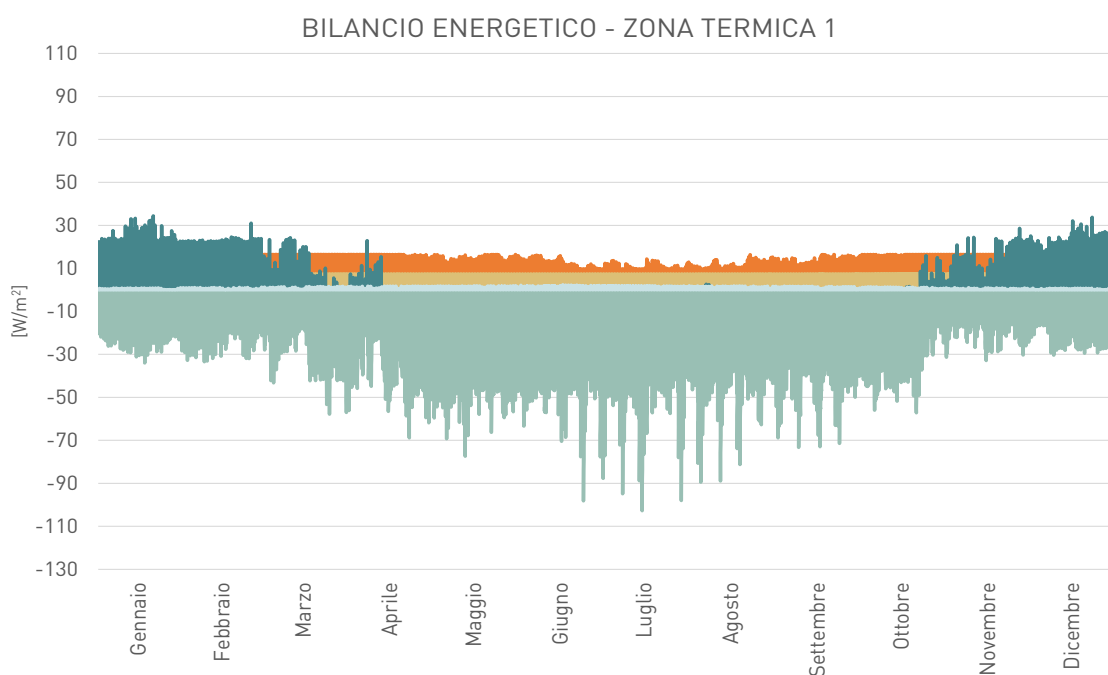
Per avere una corretta visione di quelli che sono i carichi relativi all'intero edificio, è necessario considerare il bilancio energetico di ogni singola zona termica. Il fine è quello di analizzare quali aspetti che entrano in gioco nel comfort interno sono preponderanti durante l'anno e, grazie alla differenza di scelte tecnologiche riguardanti gli aspetti architettonici progettati, come variano i locali con chiusure opache o trasparenti.

Nel bilancio energetico sono stati considerati i valori di raffrescamento e di riscaldamento sensibile; gli apporti solari che provengono dalle superfici trasparenti. Per quanto riguardano gli apporti dovuti alle apparecchiature elettriche, sono stati considerati i computer e altri dispositivi elettronici e l'illuminazione generale. Per ultimo sono stati considerati gli apporti dovuti ai tassi metabolici degli occupanti degli spazi.



ZONA TERMICA 1

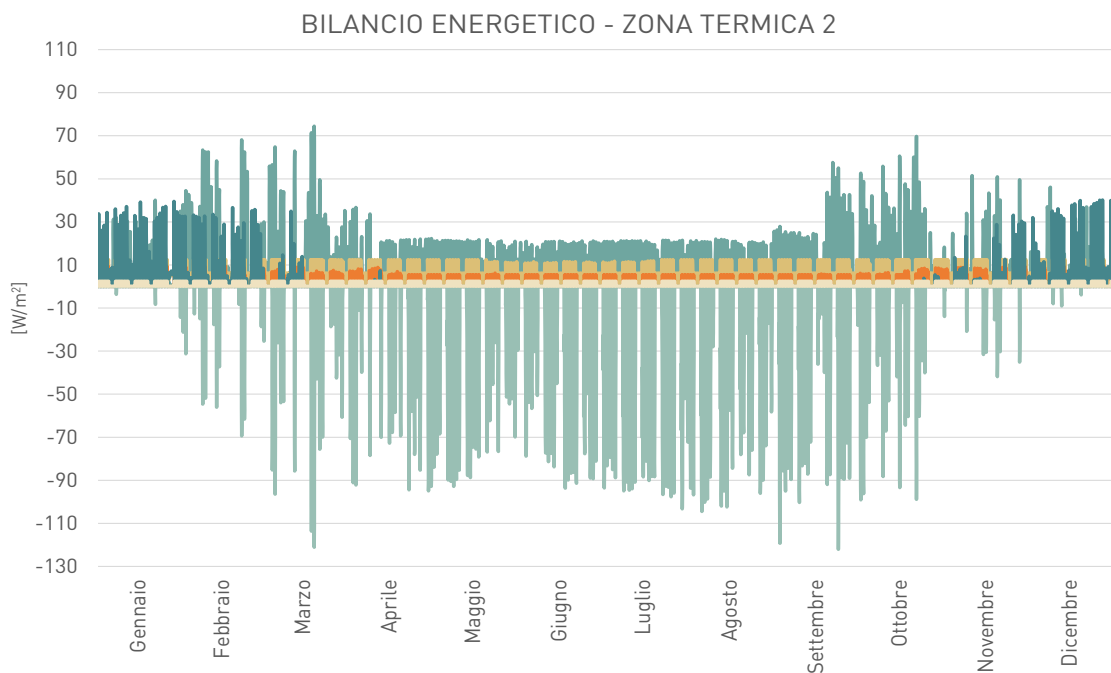
Analizzando il grafico relativo alla prima zona termica individuata, la quale accoglie gli spazi della ristorazione, si notano gli andamenti dei valori di carico termico in relazione alle impostazioni di utilizzo che sono state settate per la simulazione. Dato che si tratta di spazi prettamente utilizzati nelle prime ore del mattina, durante la pausa di metà giornata e la sera, l'occupazione riporta il medesimo andamento durante la parte iniziale e finale dell'anno; nei mesi estivi, invece varia in quanto il calore trasmesso all'ambiente è di minore impatto rispetto agli altri mesi. Si può inoltre notare come le ridotta dimensione delle finestre sul fronte nord dell'edificio conferisca alla zona termica ridotti apporti solari. Il carico relativo agli apparecchi illuminanti rimane costante durante tutto l'anno. Essendo spazi nel quale verranno serviti cibi, la quantità di calore sensibile da fornire agli spazi risulta essere non elevata e si distribuisce, durante l'intero anno, nei mesi invernali. Non è previsto il contributo di carichi termici dovuti alla presenza di computer o apparecchiature elettroniche data la funzione che lo spazio accoglierà.



Estratto46: Bilancio energetico- zona termica 1

ZONA TERMICA 2

La zona termica 2 la quale comprende gli spazi di lavoro e studio collettivo, è caratterizzata architettonicamente da un spazio aperto di grandi dimensioni, il quale affaccia sul parco a sud tramite una grande vetrata. Quest'ultima provoca un forte aumento degli apporti solari provenienti dall'esterno; infatti paragonando il grafico sopra riportato con il bilancio energetico della zona termica 1, si nota la grande differenza di valori. Da notare che, comunque, i valori sono attenuati dalla presenza di frangisole davanti alle vetrate. Per quanto riguarda la gestione della temperatura interna dell'aria, si nota come si raggiungono picchi maggiori sia in relazione al carico da raffrescamento sensibile sia dal punto di vista del carico di riscaldamento sensibile. In questo bilancio energetico vengono considerati anche i carichi termici provenienti da computer e altre apparecchiature elettroniche. La destinazione d'uso in uffici e spazi studio, prevede l'utilizzo continuo e pressoché costante durante tutto l'arco dell'anno; infatti la linea dell'occupazione risulta essere costante nei vari mesi.

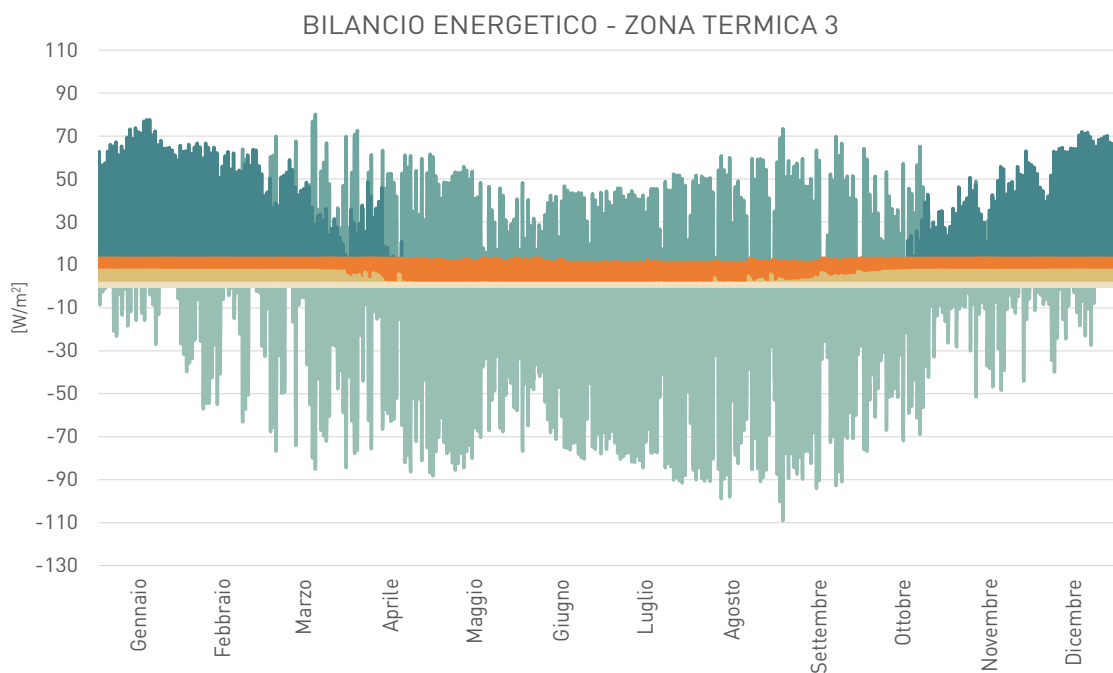


Estratto47: Bilancio energetico- zona termica 2

ZONA TERMICA 3

La simulazione relativa alla terza zona termica mostra il bilancio energetico relativo alla biblioteca. Essa è caratterizzata da due grandi vetrate, una a sud e una a est; ne conseguono quindi alti valori di apporti solari attraverso superfici vetrate. La differenza tra questa simulazione e la precedente è dovuta dalla presenza di un sistema di schermatura differente; il primo fisso mentre quest'ultimo mobile, e quindi non considerato nella simulazione la quale tiene in considerazione la configurazione più probabile di utilizzo. Come per le precedenti analisi, l'illuminazione, anche se su valori differenti, rimane costante durante l'anno. Gli apporti dovute alle persone che frequenteranno la zona termica ha il medesimo andamento delle prime due; il numero delle persone che frequenteranno risulterà costante ma il carico termico che influerà sul bilancio energetico darà maggiore impatto rispetto alle aree di open space e lavoro ma comunque minore di quello relativo al ristorante. Questo dovuto principalmente al fatto che le zone termiche hanno differente superficie e volume; l'influenza sull'aria

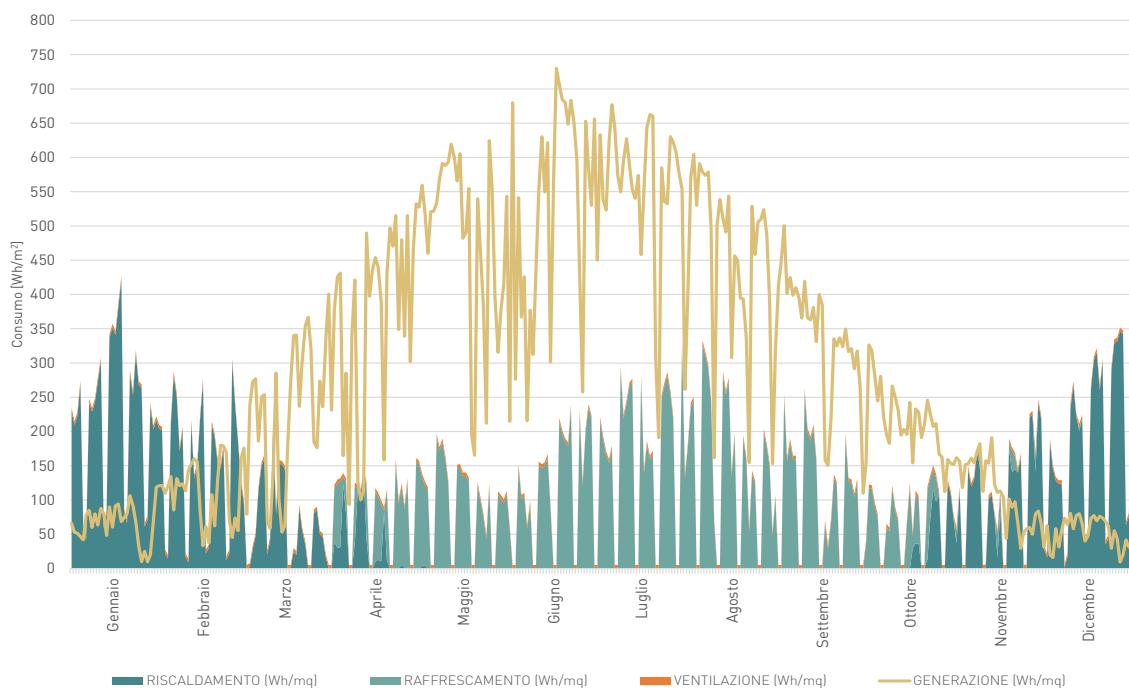
risulta quindi cambiare in relazione a questi due fattori e all'affollamento impostato. Anche in questo caso vengono considerati carichi dovuti ad attrezzature elettroniche.



Estratto48: Bilancio energetico- zona termica 3

ANALISI ANNUALE
RISCALDAMENTO, VENTILAZIONE E
CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA

Dal grafico annuale relativo ai consumi di energia elettrica dell'intero edificio per il condizionamento e il ricircolo dell'aria, si evince come il raffrescamento e riscaldamento siano molto impattante nel bilancio energetico. Rapportando i due dati si riscontra che, tra le due, la componente che richiede maggiore energia è quella durante il periodo invernale. Questa è giustificata dal fatto che l'edificio è caratterizzato da numerose superfici trasparenti che, da una parte, consentono di approfittare di guadagni solari, ma dall'altra non permettono una omogeneità delle superfici a contatto con l'esterno, avendo il vetro una trasmittanza maggiore rispetto ad una parete opaca e quindi una maggiore dispersione di calore. La ventilazione rimane pressoché invariata durante tutto l'arco dell'anno. Si nota come la generazione sia fortemente presente durante il periodo estivo.



Estratto49: Analisi annuale - riscaldamento ventilazione e condizionamento dell'aria

ANALISI ANNUALE ILLUMINAZIONE E APPARECCHIATURE ELETTRICHE

In riferimento ai consumi per alimentare le attrezzature elettriche quali computer, stampanti e devices per ufficio oltre a quelle per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e per l'illuminazione, si può riscontrare una più costante curva di consumo durante l'anno. Riferendosi per primi all'illuminazione, si nota come le grandi vetrate e la presenza di giornate più lunghe, consenta di ridurre il consumo di energia per apparecchi illuminanti durante il periodo estivo. Restano invariati, invece, i valori di richiesta di energia elettrica per sopperire alla produzione di ACS e all'alimentazione dei dispositivi che verranno utilizzati all'interno dell'edificio.

illuminazione

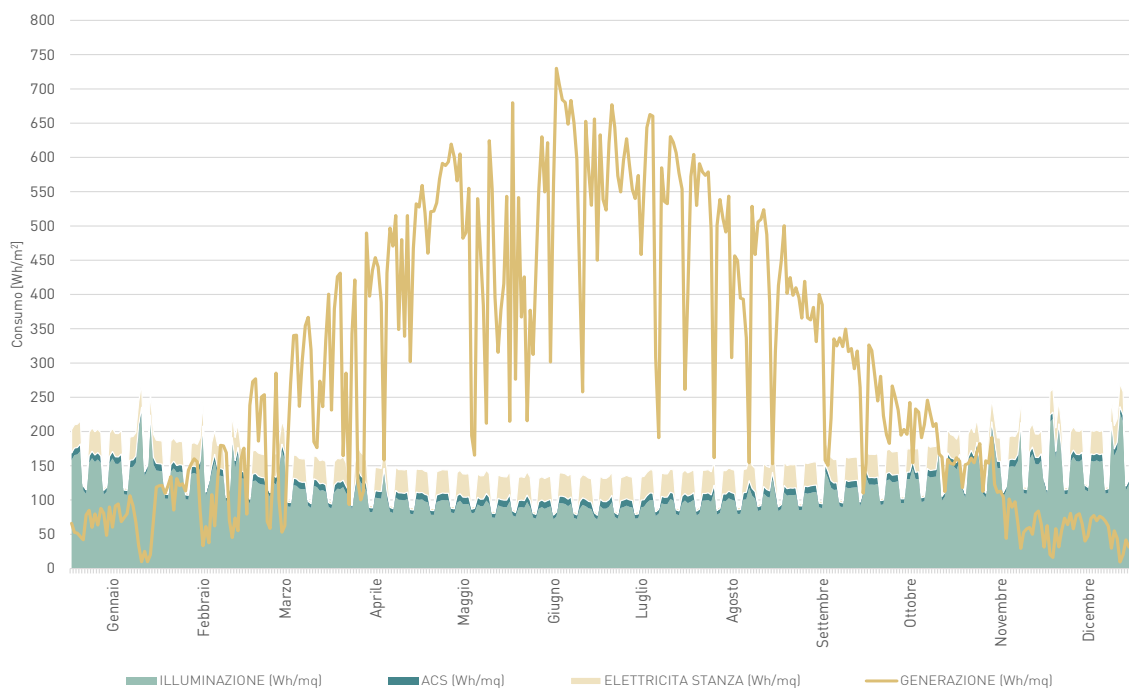
32.73
kWh/m²
anno

ACS

3.31
kWh/m²
anno

Elettricità
stanza

9.21
kWh/m²
anno



Estratto50: Analisi annuale - illuminazione e apparecchiature elettriche

PROGETTAZIONE IMPIANTI

Date le dimensioni elevate dell'edificio la presenza di un sistema di ventilazione e climatizzazione interna risulta necessario, in particolare per controllare la qualità dell'aria in termini di temperatura e umidità in tutti gli ambienti caratterizzati da un elevato numero di utenti. Inoltre la presenza di ampie vetrate, per quanto risultino efficienti da un punto di vista illuminotecnico ed energetico, contribuiscono ad un aumento locale di temperatura che deve essere controllato per garantire il comfort igrotermico.

In una prima fase sono stati divisi i vari ambienti in accordo alle funzioni presenti e ai volumi occupati, in maniera tale da rendere i vari spazi autonomi da un punto di vista impiantistico e garantire la possibilità di climatizzare solamente gli ambienti occupati, riducendo così i consumi energetici.

UNITÀ TRATTAMENTO ARIA

Per garantire un controllo preciso delle condizioni igrotermiche degli ambienti si

è deciso di utilizzare un sistema a tutt'aria caratterizzato da un sistema a volume variabile (VAV) che garantisce minori consumi, riduzione del rumore e risulta ottimale per spazi caratterizzati da grandi volumi e alta occupazione. L'UTA comprenderà quindi le batterie di riscaldamento, raffrescamento, trattamento dell'aria e il recuperatore di calore.

Nella zona degli uffici open space, si è deciso di applicare un sistema differente costituito da travi fredde che consentono il controllo puntuale e preciso della temperatura. Questo sistema deve però essere integrato ad un sistema ad aria primaria che garantisca il ricambio dei volumi d'aria.

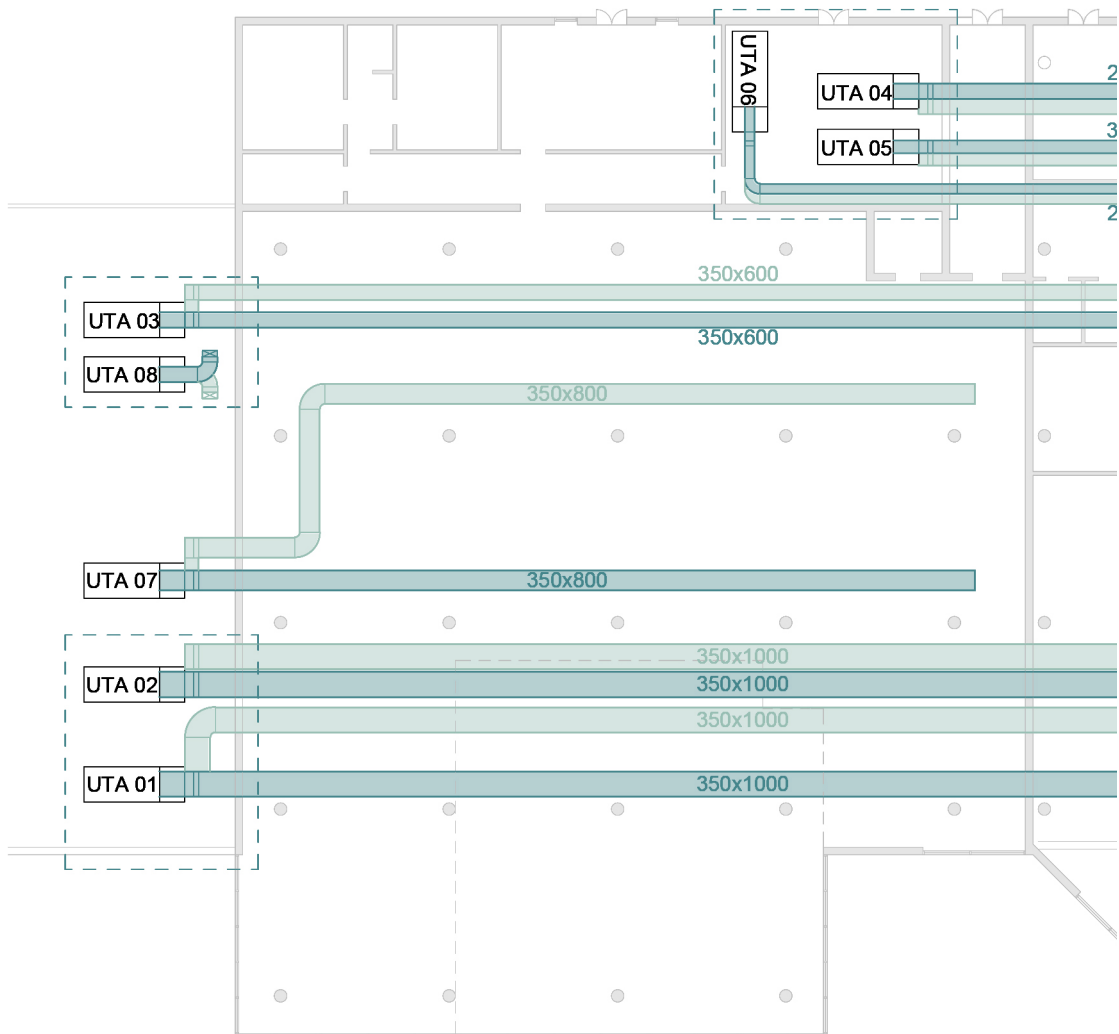
Le unità di trattamento aria (UTA) sono state posizionate in maniera tale da ridurre il percorso delle condotte e minimizzare quindi le perdite di carico distribuite. Si è quindi deciso di posizionare le UTA che servono il secondo piano degli uffici (UTA04-05-06) nel locale tecnico presente nel corpo della biblioteca mentre i restanti sistemi sono

localizzati al di sotto della rampa. In entrambi i casi le UTA risultano facilmente accessibili dall'esterno, in maniera tale da facilitarne l'ispezione e la manutenzione.

Per un corretto posizionamento delle unità di trattamento aria si è proceduto ad un predimensionamento seguendo la tabella X, che consente di ricavare l'ingombro dell'impianto in relazione alla portata richiesta. Per ottenere l'ingombro massimo si è considerato la portata massima richiesta mantenendo quindi un ingombro costante per ogni macchina.

Portata [m³/h]	Altezza [mm]	Larghezza [mm]
1800	640	720
2200	640	810
3500	740	980
5400	840	1190
6600	840	1390
7600	940	1390
9000	1090	1380
11000	1150	1550

Tabella02: Predimensionamento UTA



Estratto51: Posizionamento UTA

Condizioni di utilizzo

Il trattamento dell'aria all'interno delle UTA varia a seconda della stagione e delle condizioni ambientali esterne. La presenza dello scambiatore di calore all'interno delle unità permette di recuperare l'80% dell'energia dell'aria, riducendo drasticamente i consumi.

Durante l'inverno le condizioni ambientali sono:

- $t_{\text{esterna}} = -4^{\circ}\text{C}$
- $t_{\text{interna}} = +20^{\circ}\text{C}$
- $UR_{\text{esterna}} = 75\%$
- $UR_{\text{interna}} = 50\%$

L'aria esterna viene mischiata parzialmente con l'aria estratta dall'edificio, viene poi scaldata fino a 24°C e successivamente umidificata per raggiungere il valore di umidità richiesto.

Durante l'estate le condizioni ambientali sono:

- $t_{\text{esterna}} = +31^{\circ}\text{C}$
- $t_{\text{interna}} = +26^{\circ}\text{C}$
- $UR_{\text{esterna}} = 75\%$
- $UR_{\text{interna}} = 50\%$

In questo caso lo scambiatore di calore raggiunge un'efficienza del 75%. Una volta che l'aria viene trattata nello scambiatore di calore, viene raffreddata fino a 13°C per poi essere riscaldata raggiungendo il valore di umidità previsto.

Il riscaldamento e il raffreddamento sono eseguiti dalla pompa di calore, presente all'interno delle diverse unità.

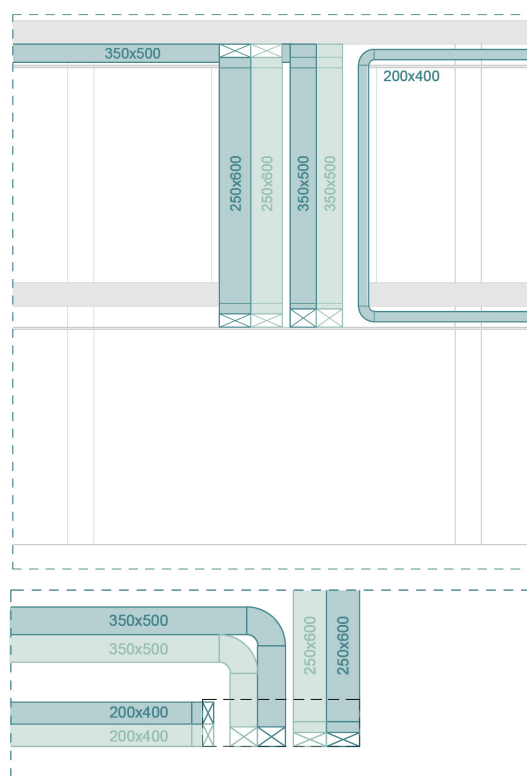
DIMENSIONAMENTO CANALI

Per semplicità si è considerato solamente il dimensionamento dei canali principali che portano l'aria dalle UTA ai diversi ambienti, senza considerare i condotti secondari e i vari terminali.

Il dimensionamento dei canali primari risulta un elemento fondamentale della progettazione integrata, che consente di ottenere la dimensione minima richiesta per il controsoffitto dove è previsto il passaggio dei canali stessi e, in un'analisi più approfondita, la porzione di isolante acustico necessaria.

Per il passaggio dei canali al piano primo della porzione di uffici è previsto un cavedio impiantistico accessibile che consente una rapida manutenzione in caso di guasti.

Nella figura sottostante si può vedere la disposizione dei canali in pianta e in sezione, essi sono stati disposti fissati alle pareti e in maniera tale da non presentare sovrapposizioni.



Estratto52: Posizionamento cavedio impiantistico

Per il dimensionamento dei canali è stato considerato un valore di velocità massima all'interno dei condotti di 4 m/s, per evitare la presenza di vibrazioni eccessive che potrebbero portare ad un discomfort acustico o problemi di tipo meccanico. Nella tabella seguente vengono riportati i valori di velocità consigliati a seconda della tipologia di ambiente.

Funzione	Condotti principali [m/s]	Condotti secondari [m/s]
Biblioteche	3.5 - 5.0	3.0 - 4.5
Abitazioni	3.0 - 5.0	3.0 - 4.0
Alberghi	3.5 - 6.0	3.5 - 4.5
Uffici	3.5 - 6.0	3.0 - 4.0
Ristoranti	5.0 - 8.0	4.0 - 6.0
Centri commerciali	7.0 - 9.0	5.0 - 7.0
Industrie	8.0 - 11.0	5.0 - 9.0

Tabella03: Velocità consigliate per le condotte

Per il dimensionamento dei canali si è fatto riferimento alla norma UNI10339 che prevede un valore di portata d'aria esterna (Q_{op}) per ogni persona. Il complesso è stato diviso in 12 zone, caratterizzate da funzioni e occupazioni diverse. Si è poi calcolato il valore di portata per ognuna delle zone:

$$P = Q_{op} \cdot n^{\circ} \text{persone}$$

Successivamente si è calcolato il diametro equivalente della condotta utilizzando gli appositi diagrammi che prevedono la correlazione fra velocità, diametro e portata delle condotte, riconvertendo poi la sezione ottenuta in un canale di forma rettangolare. Per ottimizzare al meglio la dimensione del controsoffitto il valore massimo di altezza della sezione è stato limitato a 35cm, andando ad utilizzare, dove necessario, sezioni caratterizzate da una larghezza di 1m.

UTA	Funzione	Zona	Persone	Q_{op} [m³/s]	Portata [m³/h]	Velocità [m/s]	Diametro equivalente [mm]	Dimensione [mm]
UTA 01	Open space	1	125	0.0110	4950	4	625	350x1000
UTA 02	Open space	1	125	0.0110	4950	4	625	350x1000
UTA 03	Ristorante	2	125	0.0110	4950	4	625	350x600
UTA 04	Bar	3	90	0.0110	3240	4	480	250x600
	Meeting Room	4	45	0.0110	1782	4	380	150x250
UTA 05	Meeting Room	5	10	0.0110	396	4	180	150x250
	Meeting Room	6	10	0.0110	396	4	180	150x250
	Meeting Room	7	10	0.0110	396	4	180	150x250
UTA 06	Meeting Room	8	10	0.0110	396	4	180	150x250
	Meeting Room	9	10	0.0110	396	4	180	150x250
	Zona relax	10	35	0.0110	1386	4	560	350x800
UTA 07	Biblioteca (P1)	11	60	0.0055	1188	4	400	250x600
UTA 08	Biblioteca (PT)	12	70	0.0055	1386	4	560	350x800

Tabella04: Dimensionamento canali

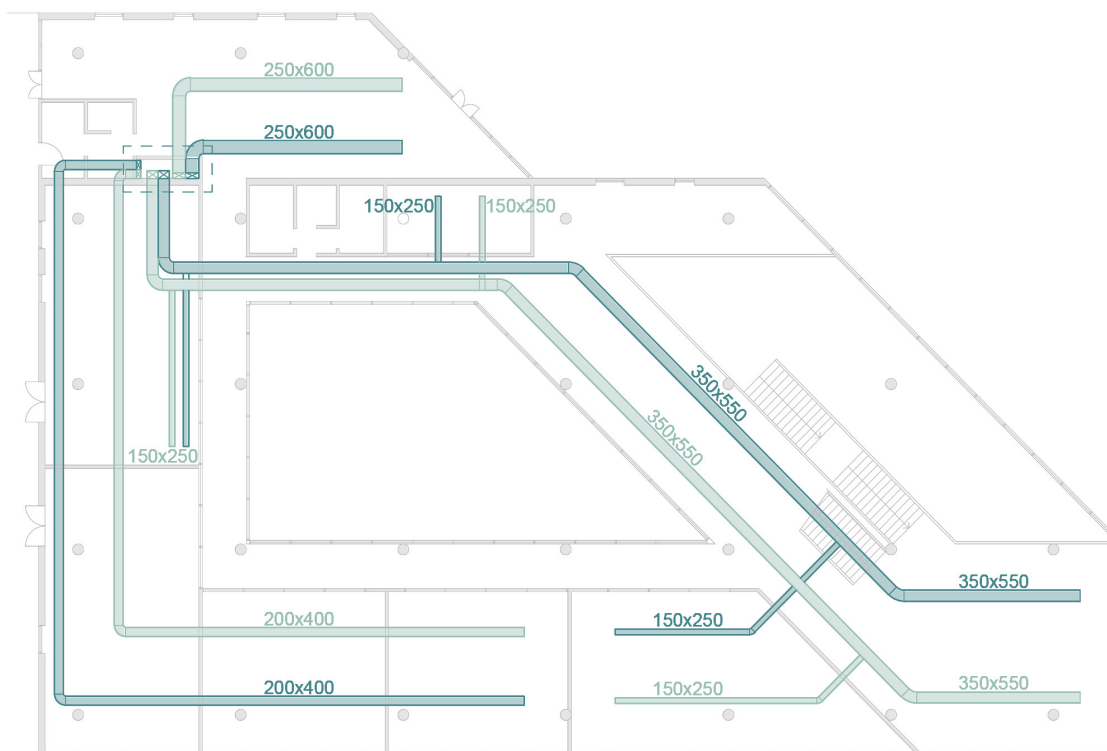
Condotte di raccordo

Nel dimensionamento precedente le aule meeting presenti al secondo piano sono state considerate in maniera distinta, essendo a tutti gli effetti ambienti separati che necessitano di un funzionamento autonomo. In questa fase si andrà a dimensionare i condotti di raccordo necessari per minimizzare il numero di condotti nel cavedio.

Nell'estratto si può notare come il condotto di ventilazione da 350x550mm svolga da raccordo per i condotti secondari che servono le diverse aule.

UTA	Portata [m³/h]	Velocità [m/s]	Diametro equivalente [mm]	Dimensione [mm]
UTA 05	1188	4	300	200x400
UTA 06	2574	4	460	350x550

Tabella05: Dimensionamento condotte di raccordo



Estratto53: Distribuzione dei canali al piano primo

TRAVI FREDEDE

Le travi fredde sono sistemi di condizionamento dell'aria che permettono un controllo preciso e puntuali delle condizioni igrotermiche, possono inoltre essere integrate con il sistema di illuminazione. Il sistema è applicato a soffitto in due diverse tipologie: incassato nel controsoffitto o sospeso.

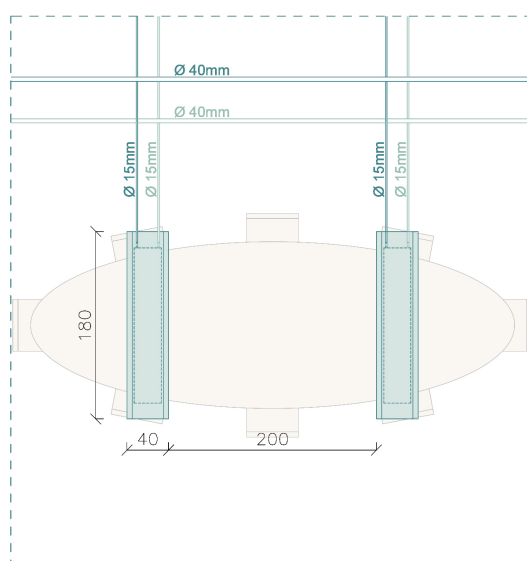
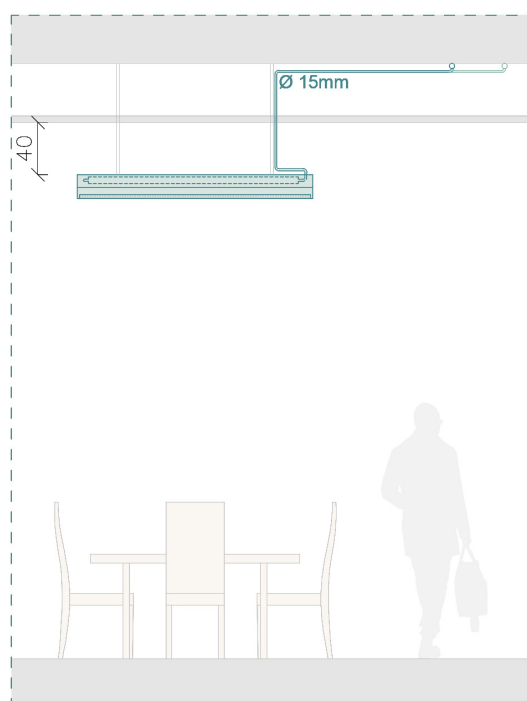
Si distinguono due principali tipologie di travi fredde:

- **attive**: sfruttano l'effetto induttivo prodotto dall'aria primaria proveniente dall'UTA per richiamare l'aria ambiente che attraversando la batteria di scambio viene raffrescata o riscaldata. Questo sistema utilizza prettamente la convezione come tipologia di scambio del calore. Questa soluzione tecnologica garantisce una minimizzazione del rumore (<30dB), una regolazione dedicata per ogni ambiente e l'uniformità della temperatura.

- **passive**: lo scambio di calore attraverso la trave avviene per convezione ed irraggiamento, l'aria primaria necessaria alla gestione del carico latente e dei ricambi d'aria viene immessa tramite diffusori dedicati. Questa tipologia non presenta filtri e risulta quindi migliore nella riduzione dei componenti allergeni, inoltre richiede una minore manutenzione grazie all'assenza della condensa.

Si è deciso di applicare la seconda tecnologia data la migliore efficienza energetica sia in regime di riscaldamento che di raffreddamento, inoltre la presenza di UTA dedicate al ricambio d'aria permette di avere una buona qualità della stessa.

La trave fredda scelta è stata progettata sospesa a 40cm dal controsoffitto per garantirne il funzionamento ottimale. Per il loro funzionamento è necessario la presenza di condotte di mandata e ritorno che portano l'acqua trattata dalla pompa di calore alle varie travi. In parallelo a questo sistema è presente il sistema di ricircolo dell'aria analizzato precedentemente.



Estratto54: Distribuzione dei canali al piano primo

SISTEMI AD ACQUA

Per quanto concerne i sistemi ad acqua non sono state dimensionate le sezioni delle varie tubature, poichè non comportano problemi da un punto di vista funzionale date le dimensioni ridotte. Per facilitare la manutenzione delle tubazioni si è deciso di prevedere il posizionamento nel controsoffitto delle varie tracce per facilitarne l'accessibilità.

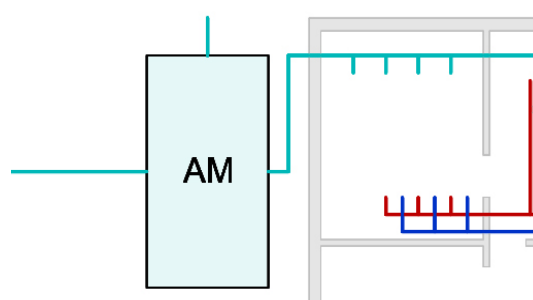
Per il riscaldamento dell'acqua è prevista una pompa di calore che andrà a portare l'acqua in temperatura, essa è posizionata nel locale impiantistico presente nel blocco della biblioteca.

Nello schema sottostante si distinguono colorate in verde ottanio le tubazioni di mandata e ritorno per le travi fredde.

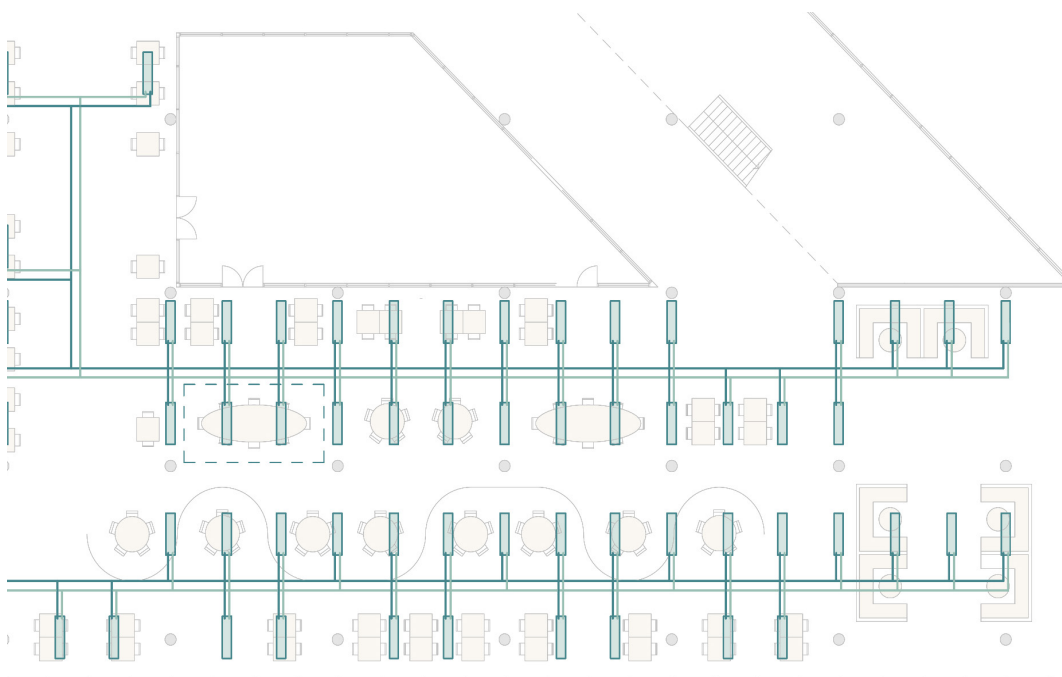
In rosso e blu sono invece evidenziati i percorsi che forniscono acqua calda e fredda sanitaria ai servizi igienici e alle cucine.

Vasca di raccolta

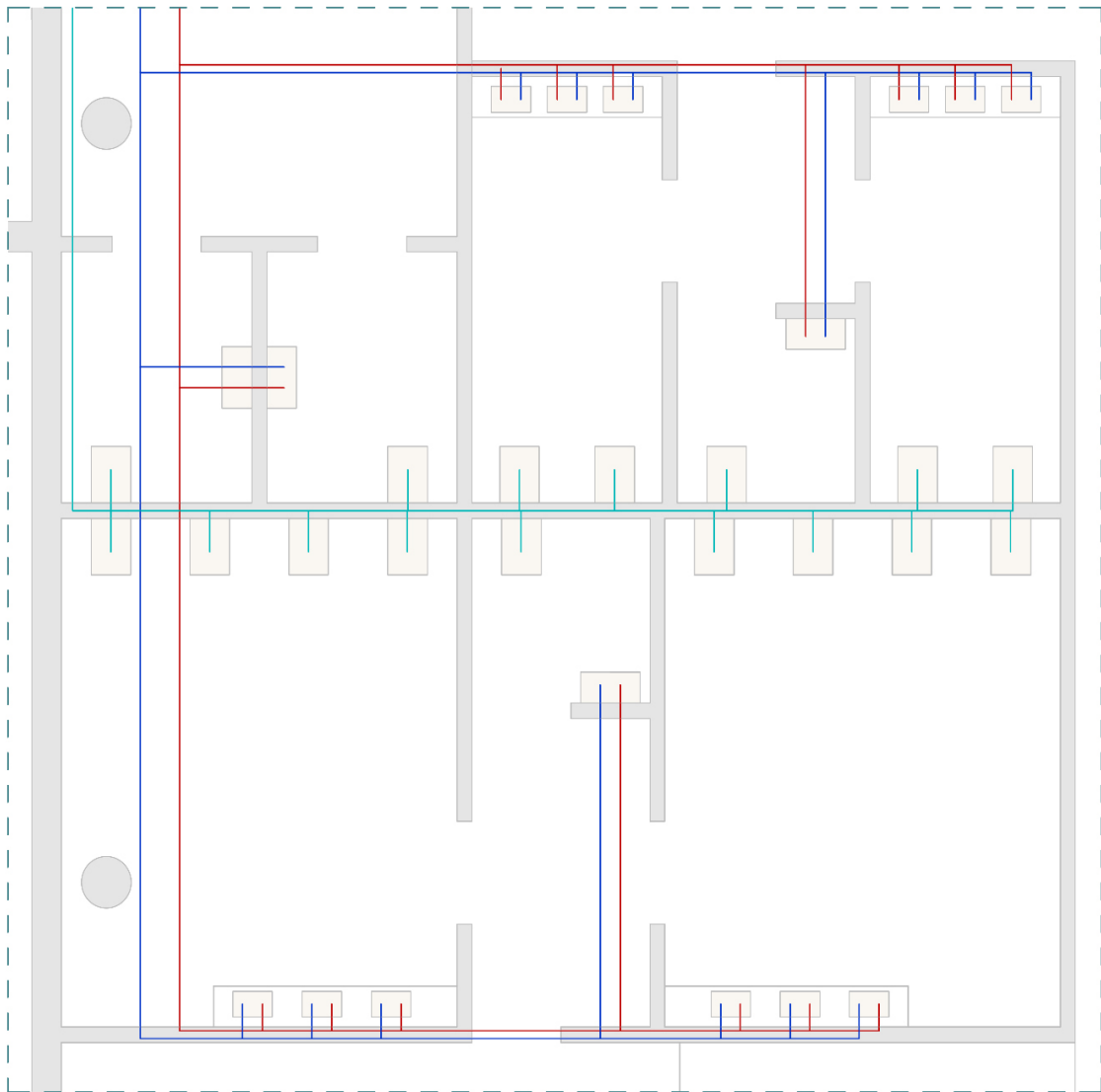
Viene inoltre prevista una vasca di raccolta delle acque meteoriche, posizionata al di sotto della rampa. L'acqua raccolta può essere riutilizzata per l'irrigazione del verde oppure come acqua di scarico dei servizi. Inoltre, questa vasca può essere utilizzata come riserva idrica in caso d'incendio, per questo utilizzo deve essere mantenuto un livello di acqua minimo costante, che viene stabilito tramite valutazione tecnica dai vigili del fuoco.



Estratto55: Vasca di raccolta delle acque meteoriche



Estratto56: Distribuzione dei sistemi ad acqua nella zona open space



Estratto57: Distribuzione dei sistemi ad acqua nella zona dei servizi

ANTINCENDIO e ACCESSIBILITÀ

Secondo il codice di prevenzione incendi, DM 3 agosto 2015¹³, per luogo sicuro s'intende ogni spazio a cielo aperto sicuramente collegato alla pubblica via in ogni condizione di pericolo. Nei luoghi sicuri vengono predisposti i punti di raccolta dove i percorsi d'esodo conducono tutta l'utenza dell'edificio. La lunghezza dei percorsi d'esodo viene determinata attraverso la classificazione dell'immobile nel profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana (R_{vita}). L'idea store, essendo composto da uno spazio per uffici, una biblioteca ed un ristorante, quindi da attività dove sono presenti prevalentemente materiali che contribuiscono in modo moderato agli incendi, è in categoria B2 (lunghezza massima prevista minore di 50 metri).

L'accessibilità in tutto il complesso è garantita per qualsiasi soggetto dato che, grazie ad ascensori, rampe, ed a spazi e corridoi ampi senza ostacoli, vengono completamente abbattute qualsiasi forma di barriere architettoniche.

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m
A2	≤ 60 m
A3	≤ 45 m
A4	≤ 30 m
D1	≤ 30 m
D2	≤ 20 m
B1,E1	≤ 60 m
B2,E2	≤ 50 m
B3,E3	≤ 40 m
Cii1,Ciii1	≤ 40 m
Cii2,Ciii2	≤ 30 m
Cii3,Ciii3	≤ 20 m

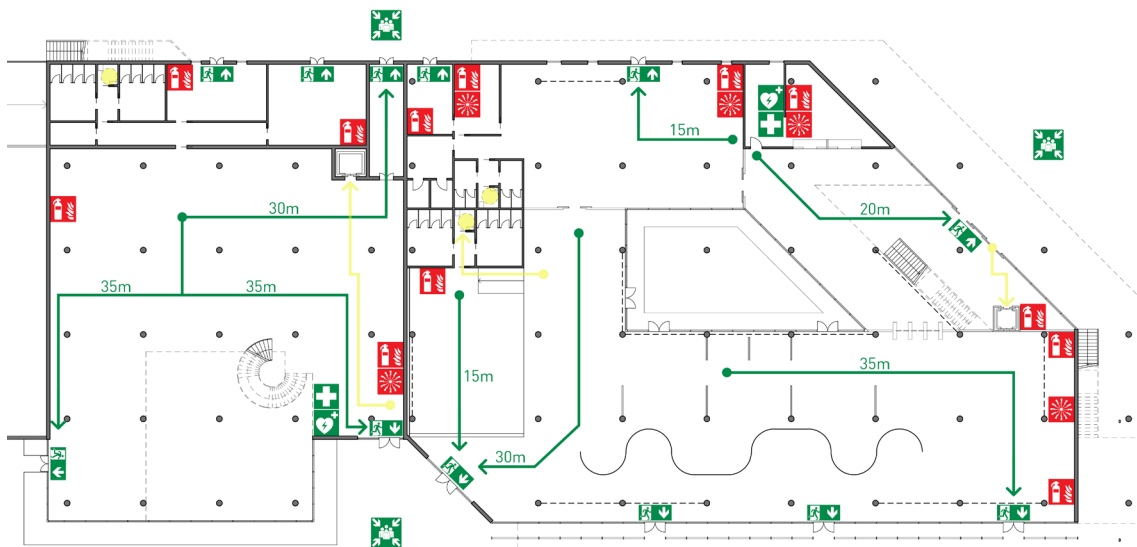
Tabella06: Massime lunghezze d'esodo

LEGENDA

SICUREZZA	 Punto di raccolta	 Uscite di sicurezza	ANTINCENDIO	 Estintore	ACCESSIBILITÀ	 Circonferenza diametro 1,50m
	 Casseta pronto soccorso	 Direzione di uscita		 Pulsante di allarme		 Percorso accessibile
	 Defibrillatore automatico					



Estratto58: Pianta piano primo



Estratto59: Pianta piano terra

CAPITOLO 4.3

ANALISI STRUTTURALE

ANALISI DELLA STRUTTURA

Per l'analisi della struttura, a fini semplificati e per evitare ridondanze, si considera la porzione di edificio destinato ad uffici, considerandoli strutturalmente distinti rispetto alla biblioteca.

L'analisi strutturale si concentra su questa porzione poichè essa è caratterizzata da elementi complessi e articolati, primo fra tutti la grande copertura aggettante e la forma in pianta irregolare. Al contrario, la biblioteca risulta caratterizzata da luce modeste e una distribuzione regolare delle masse in pianta.

Di seguito vengono riportati le fasi seguite per l'analisi e il dimensionamento degli elementi, partendo dalla valutazione dei carichi agenti sulla costruzione fino al dimensionamento vero e proprio degli elementi. Per il calcolo sono stati utilizzati programmi ad elementi finiti per il calcolo delle piastre in calcestruzzo mentre, per la copertura è stato utilizzato un approccio più tradizionale.

In entrambe le metodologie utilizzate i risultati sono coerenti e le verifiche rispettate.

ANALISI DEI CARICHI

Per l'intera relazione di calcolo si farà riferimento alle seguenti fonti normative:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018;
- Circolare ministeriale esplicativa n.617, 02/02/2009;
- Eurocodici EC1 (Azioni sulle strutture) ed EC3 (Progettazione delle strutture in acciaio). In particolare, per questo capitolo, viene presa in considerazione la classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo, queste si distinguono in:

a) Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare, con sufficiente approssimazione, costanti:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno; forze risultanti dalla pressione dell'acqua (G1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);

- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione (P);
- ritiro e viscosità;
- spostamenti differenziali

b) Variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura

c) Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura:

- incendi;
- esplosioni;
- urti ed impatti

d) Sismiche (E): azioni derivanti da terremoti

Analisi dei carichi permanenti-G

Le azioni permanenti agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione. Esse sono legate all'azione gravitazionale e sono determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi per unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione, sia nelle parti strutturali, sia in quelle non strutturali.

STRUTTURALI (G_1)

I pesi propri della struttura saranno calcolati a posteriori rispetto ai carichi permanenti non strutturali ed a quelli variabili. Il peso proprio della struttura è, infatti, frutto di un dimensionamento condotto in funzione delle azioni esercitate sulla stessa.

NON STRUTTURALI (G_2)

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali non strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti non strutturali della costruzione.

In linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti non strutturali potranno assumersi, per le verifiche d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni.

I tramezzi e gli impianti leggeri degli edifici per abitazioni e per uffici potranno assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di

ripartizione trasversale.

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e per uffici, il peso proprio di elementi divisorii interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente uniformemente distribuito g_2 , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_2 potrà essere correlato al peso proprio per unità di lunghezza G_2 delle partizioni nel modo seguente:

$G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$;
$1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$;
$2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$;
$3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$;
$4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$:	$g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$. ¹⁴

Gli elementi divisorii interni con peso proprio maggiore di 5,00 kN/m devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

Le stratigrafie considerate e le tabelle con le proprietà termiche e fisiche dei materiali sono elencate di seguito.

C.O. 01 Chiusura Orizzontale

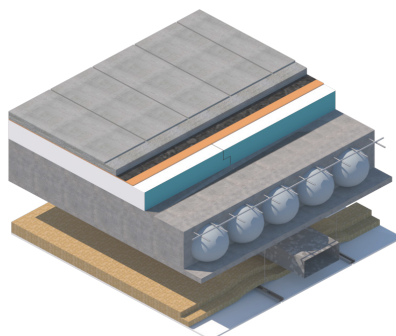


Figura21: Chiusura orizzontale

1. Strato di finitura: piastrelle per esterni - sp. 1cm, dim. 100x100cm
2. Strato di regolazione: sottofondo in CLS alleggerito - sp.5 cm, $\lambda=0,142$ W/mK, $\rho=600$ Kg/m³
3. Strato di impermeabilizzazione: membrana elastomerica con bitume e polimeri - sp.3mm
4. Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp.8mm, $\rho=180$ Kg/m³,
L/w=37dB
5. Strato di isolamento: pannelli in EPS - sp.10cm, $\lambda=0,034$ W/mK, $\rho=30$ Kg/m³
6. Strato di tenuta: freno vapore - sp. 0,55mm, $\lambda= 0,022$ W/mK, $\mu=9091$
7. Strato portante: lamiera grecata collaborante - sp.7,5 cm con getto in CLS - sp.7,5 cm
8. Strato di isolamento acustico: materassino in lana di roccia - sp.10cm, $\lambda= 0,034$ W/mK,
 $\rho= 80$ Kg/m³
9. Strato portante: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio a C (dim. 50x27x0,6mm) e ad U (dim. 30x28x0,6mm)
- 10.Strato di rivestimento: pannello in lana minerale - sp.15mm, $\rho= 4$ Kg/m², dim.= 600x600mm
11. Tinteggiatura - sp.5 mm

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
1	1	19,6	0,186
2	5	5.88	0,294
4	0,8	-	0,018
5	10	0.29	0,029
6	0,55	2.94	0,014
8	10	0.78	0,078
9	-	-	0,176
10	1,5	6.67	0,083
Totale G ₂			0,878

Tabella07: Proprietà degli strati della chiusura orizzontale

C.O. 02 Chiusura Orizzontale con verde praticabile

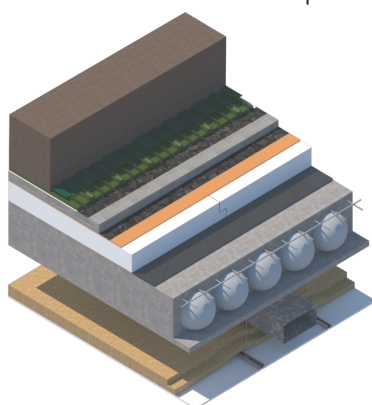


Figura22: Chiusura orizzontale con verde praticabile

1. Terreno - sp.10cm, $\rho=1300 \text{ Kg/m}^3$
2. Strato di separazione: membrana in TNT - sp. 3mm
3. Sistema di drenaggio: vasche in EPS - sp. 5cm
4. Strato di impermeabilizzazione: membrana elastomerica con bitume e polimeri - sp.3mm
5. Strato di regolazione: sottofondo in CLS alleggerito - sp.5 cm, $\lambda=0,142 \text{ W/mK}$, $\rho=600 \text{ Kg/m}^3$
6. Strato di impermeabilizzazione: membrana elastomerica con bitume e polimeri - sp.3mm
7. Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp.8mm, $\rho=180 \text{ Kg/m}^3$, $L/w=37\text{dB}$
8. Strato di isolamento: pannelli in EPS - sp.10cm, $\lambda=0,034 \text{ W/mK}$, $\rho=30 \text{ Kg/m}^3$
9. Strato di tenuta: freno vapore - sp. 0,55mm, $\lambda= 0,022\text{W/mK}$, $\mu=9091$
10. Strato portante: lamiera grecata collaborante - sp.7,5 cm con getto in CLS - sp.7,5 cm
11. Strato di isolamento acustico: materassino in lana di roccia - sp.10cm, $\lambda= 0,034\text{W/mK}$, $\rho= 80\text{Kg/m}^3$
12. Strato portante: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio a C (dim. 50x27x0,6mm) e ad U (dim. 30x28x0,6mm)
13. Strato di rivestimento: pannello in lana minerale - sp.15mm, $\rho= 4\text{Kg/m}^2$, dim.= 600x600mm
14. Tinteggiatura - sp.5 mm

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
1	10	12.74	1,274
3	5	0.29	0,014
5	5	5.88	0,294
7	0.8	-	0,018
8	10	0.29	0,029
9	0.55	2.94	0,014
11	10	0.78	0,078
12	-	-	0,176
13	1.5	6.67	0,083
Totale G₂			1,98

Tabella08: Proprietà degli strati della chiusura orizzontale con verde praticabile

P.O. 01 Partizione Orizzontale

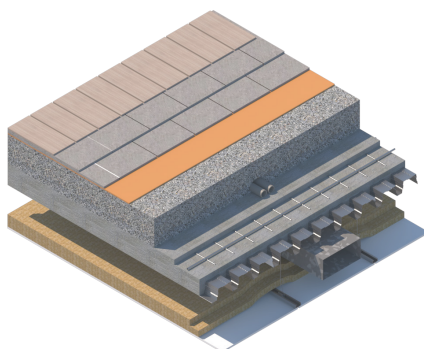


Figura23: Partizione orizzontale

1. Strato di finitura: rivestimento in laminato - sp.7mm, $\rho=6,41 \text{ Kg/m}^2$, $\lambda= 0,21\text{W/mK}$
2. Strato di rivestimento: pavilastra posata in doppio strato - sp. 25mm, $\rho=26,8 \text{ Kg/m}^2$, $\lambda= 0,21\text{W/mK}$
3. Strato di isolamento acustico: materassino fonoassorbente - sp.8mm, $\rho=1,8 \text{ Kg/m}^2$, $L_w=37\text{dB}$
4. Strato di regolazione: massetto in argilla espansa - sp.18cm, $\rho=320 \text{ Kg/m}^3$, $\lambda= 0,09\text{W/mK}$
5. Strato di tenuta: freno vapore - sp. 0,55mm, $\lambda= 0,022\text{W/mK}$, $\mu=9091$
6. Strato portante: lamiera grecata collaborante - sp.7,5 cm con getto in CLS - sp.7,5 cm
7. Strato di isolamento termoacustico: materassino in lana di roccia - sp.10cm, $\lambda= 0,034\text{W/mK}$, $\rho= 80\text{Kg/m}^3$
8. Strato di rivestimento: pannello in lana minerale - sp.15mm, $\rho= 4\text{Kg/m}^2$, dim.= 600x600mm
9. Strato portante: sottostruttura in profili di lamiera in acciaio a C (dim. 50x27x0,6mm) e ad U (dim. 30x28x0,6mm)
10. Tinteggiatura - sp.5 mm

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
1	0.7	-	0,062
2	2.5	-	0,263
3	0.8	-	0,018
4	18	3.13	0,564
7	10	0.78	0,078
8	1.5	6.67	0,083
9	-	-	0,176
Totale G ₂			1,244

Tabella09: Proprietà degli strati della partizione orizzontale

P.I. 01 Partizione Interna

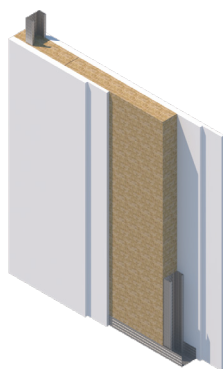


Figura24: Partizione interna

1. Strato di finitura: tinteggiatura - sp.5 mm
2. Strato di rivestimento: doppia lastra in cartongesso - sp. 25 mm
3. Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.7,5 cm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=70$ Kg/m³, $\mu=1$
4. Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/75/40 - sp. 0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/75/50 - sp. 0,6 mm

Per il calcolo del G_2 delle pareti consideriamo un'altezza della parete di 400 cm.

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
2	2.5	6.67	0,167
3	7.5	0.68	0,051
4	7.5	-	0,150
2	2.5	6.67	0,167
Totale G_2			0,535
Totale G_2 [kN/m]			2,14

Tabella10: Proprietà degli strati della partizione interna

P.I. 02 Partizione Interna impiantistica

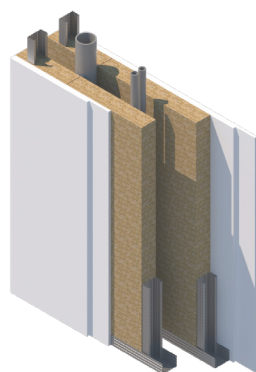


Figura25: Partizione interna impiantistica

1. Strato di finitura: tinteggiatura - sp.5 mm
2. Strato di rivestimento: doppia lastra in cartongesso - sp. 25 mm
3. Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.7,5 cm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=70$ Kg/m³, $\mu=1$
4. Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/75/40 - sp. 0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/75/50 - sp. 0,6 mm

Per il calcolo del G_2 delle pareti consideriamo un'altezza della parete di 400 cm.

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
2	2.5	6.67	0,167
3	7.5	0.68	0,051
4	7.5	-	0,150
4	7.5	-	0,150
3	7.5	0.68	0,051
2	2.5	6.67	0,167
Totale G_2			0,736
Totale G_2 [kN/m]			2,94

Tabella11: Proprietà degli strati della partizione interna impiantistica

P.I. 03 Partizione Interna Insonorizzata

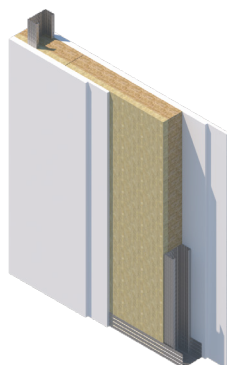


Figura26: Partizione interna insonorizzata

1. Strato di finitura: tinteggiatura - sp.5 mm
2. Strato di rivestimento: doppia lastra in cartongesso - sp. 25 mm
3. Strato isolante: pannello in lana di roccia - sp.10 cm, $\lambda=0,033$ W/mK, $\rho=70$ Kg/m³, $\mu=1$
4. Strato portante: orditura in profili guida a U in acciaio 40/100/40 - sp. 0,6 mm e profili montante a C in acciaio 50/100/50 - sp. 0,6 mm

Per il calcolo del G_2 delle pareti consideriamo un'altezza della parete di 400 cm.

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
2	2.5	6.67	0,167
3	10	0.68	0,068
4	10	-	0,200
2	2.5	6.67	0,167
Totale G_2			0,602
Totale G_2 [kN/m]			2,41

Tabella12: Proprietà degli strati della partizione interna insonorizzata

P.O. 02 Copertura esterna

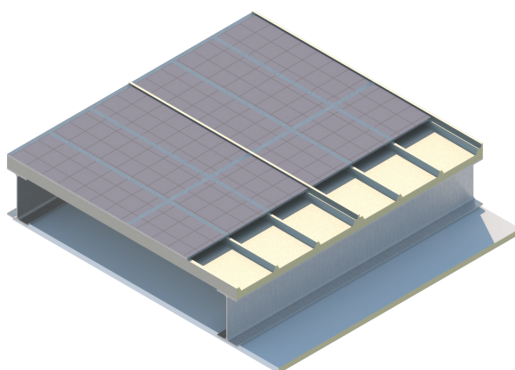


Figura27: Copertura esterna

1. Strato di rivestimento superiore: pannello sandwich con pannello fotovoltaico integrato - sp.5cm, $U=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\rho=10 \text{ Kg/m}^2$
2. Strato portante: orditura secondaria e primaria in travi d'acciaio IPE300
3. Strato di rivestimento inferiore: pannello sandwich con rivestimento a specchio - sp.4cm, $U=0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\rho=11,73 \text{ Kg/m}^2$

Strato	Spessore [cm]	Densità [kN/m ³]	Peso [kN/m ²]
2	4	2.88	0,051
Totale G ₂			0,051

Tabella13: Proprietà degli strati della copertura esterna

Analisi dei carichi variabili - Q

AFFOLLAMENTO

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da¹⁵:

- q_k = carichi verticali uniformemente distribuiti
- Q_k = carichi verticali concentrati
- H_k = carichi orizzontali lineari

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili ad affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	Da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	Da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
	5,00	2 x 50,00	1,00**	
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	Secondo categoria d'uso servita		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	Da valutarsi caso per caso		

Tabella 14: NTC 2018 carichi variabili

AZIONI DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione¹⁶:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo

μ_i è il coefficiente di forma della copertura

C_E è il coefficiente di esposizione

C_t è il coefficiente termico

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della copertura.

Valore di riferimento del carico al suolo

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito¹⁷, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni¹⁸. Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente. L'altitudine di riferimento a_s è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Zona I – Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, **Milano**, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{as} \leq 200 \text{ m}$$

$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/60)^2] \text{ kN/m}^2 \quad \text{as} > 200 \text{ m}$
 Il progetto è situato ad un'altitudine di 214 m s.l.m., pertanto il valore di riferimento del carico della neve al suolo risulta essere:

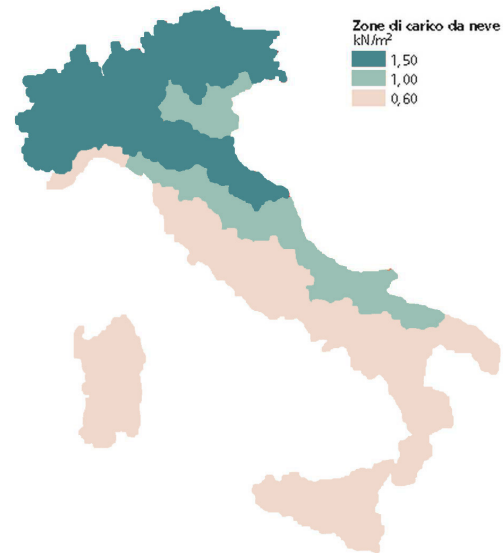


Figura28: NTC 2018 carichi da neve e q_{sk}

Coefficiente di forma della copertura

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue pareti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione. I valori del coefficiente di forma possono essere ricavati dalla Tabella 15.

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0

Tabella15: NTC 2018 forma della copertura

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono riportati nella Tabella 16.

Se non diversamente specificato si assumerà:

$$C_E = 1$$

Topografia	Descrizione	C _E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Tabella 16: NTC 2018 coefficiente di esposizione

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura.

In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto **C_t = 1**.

Tenendo conto dei coefficienti sopra evidenziati, il carico della neve sulle coperture risulta essere pari a:

$$Q_s = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

CARICHI DA VENTO

La pressione esercitata dal vento sull'edificio è data dalla seguente espressione¹⁹:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente d'esposizione

c_p è il coefficiente di pressione

c_d è il coefficiente dinamico

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo provocando, in genere, effetti dinamici. Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici degli elementi che compongono la costruzione, essa viene determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento. L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi,

considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione. Le NTC 2018 definiscono i valori necessari per il calcolo del carico da vento, considerando un edificio di forma regolare.

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria d'esposizione II, riferito ad un periodo di ritorno T_r di 50 anni, tale velocità è così definita:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove:

v_b è la velocità base di riferimento

c_r è il coefficiente di ritorno (c_r=1 per T_r=50)

Nel nostro caso (Milano) otteniamo una velocità di riferimento pari a:

$$v_r = 25 \text{ m/s}$$

Pressione cinetica di riferimento q_r

La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

$$q_r = 1/2 \rho v_r^2$$

dove:

v_r è la velocità di riferimento del vento

ρ è la densità dell'aria (1.25 kg/m³)

Nel edificio trattato, il valore della pressione cinetica di riferimento risulta essere:

$$q_r = 390.63 \text{ Pa}$$

Coefficiente d'esposizione c_e

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito. In assenza di analisi specifiche, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

dove:

k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati nella seguente tabella in funzione della categoria di esposizione del sito

c_t è il coefficiente di topografia, generalmente considerato pari a 1.

Per determinare la categoria d'esposizione del sito è necessario identificare la classe di rugosità del suolo. Nel caso analizzato si ha una classe di rugosità A ed essendo a più di 30km dal mare e a meno di 500m sul livello del mare, possiamo definire la zona in base alla seguente immagine:

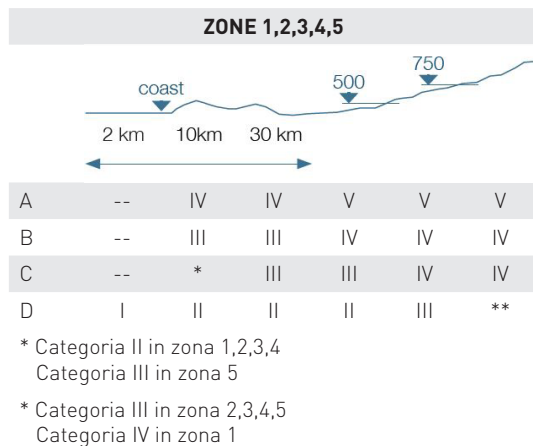


Tabella17: Definizione delle categorie d'esposizione

CATEGORIA D'ESPOSIZIONE DEL SITO	K_r	z_0 (m)	z_{\min} (m)
I	0.17	0.01	2
II	0.19	0.05	4
III	0.20	0.10	5
IV	0.22	0.30	8
V	0.23	0.70	12

Tabella18: Classi d'esposizione rispetto al sito

La classe d'esposizione risulta essere la classe V e i relativi valori sono:

$$K_r = 0.23, z_0 = 0.70m, z_{\min} = 12m$$

Coefficiente di pressione c_p

Il coefficiente di pressione dipende dal tipo, dalla geometria e dall'orientamento

dell'edificio. In assenza di analisi specifiche, si assume un valore unitario:

$$c_p = 1$$

Coefficiente dinamico c_d

Il coefficiente dinamico considera l'effetto riduttivo legato alla non-contemporaneità delle pressioni puntuali massime e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Siccome l'edificio non supera gli 80m d'altezza, esso può essere assunto in maniera cautelativa pari a:

$$c_d = 1$$

Azione del vento

Seguendo le analisi e i calcoli è possibile calcolare la pressione del vento che deve essere applicata all'edificio considerando un periodo di ritorno di 50 anni. Per l'edificio il valore massimo risulta essere:

$$p = 617.72Pa$$

Considerato il coefficiente di forma (o aerodinamico) e le direttive dell'eurocodice 2018, possiamo definire dei valori associati al sopravento, sottovento e relativi alla facciata laterale. I coefficienti selezionati vengono riportati nella seguente tabella.

	C_p	C_{pe}	C_{pi}	$C_{pe} + C_{pi}$
sopravento		0.8 + 0.4	+0.2	1.2
sottovento				
copertura		-0.4	-0.2	-0.6

Tabella19: Definizione coefficienti C_p

Successivamente si calcola la pressione agente sulla superficie superiore della copertura che risulta essere:

$$P = p \cdot C_{pe} = 617.72N/m^2 \cdot 0.4 = 247.09N/m^2$$

Si ottiene così il carico variabile del vento in copertura:

$$q_w = 0.25kN/m^2$$

PIASTRE IN CALCESTRUZZO

Le piastre in calcestruzzo sono una tipologia di elemento strutturale bidimensionale, piatto e di spessore limitato. Possono essere utilizzate in un'ampia varietà di situazioni e possono essere realizzate in materiali differenti: calcestruzzo rinforzato, acciaio o soluzioni miste come calcestruzzo armato o legno/calcestruzzo.

Tuttavia, il calcestruzzo rinforzato, offre maggiori vantaggi in termini costruttivi e applicativi, risultando la soluzione maggiormente adattabile alle nostre esigenze. L'utilizzo di un solaio di questa tipologia, ben si adatta alle importanti luci caratterizzanti l'edificio.

Per definizione, il comportamento di un solaio è bidirezionale se la disposizione dei vincoli è una griglia, risulta invece unidirezionale se sono allineati in parallelo. La soluzione proposta permette di ridurre al minimo lo spessore del solaio e di conseguenza la sezione dei pilastri, in maniera tale da sfruttare maggiormente lo spazio sottostante. Questa soluzione tecnica risulta essere la più

semplice e veloce, realizzabile tramite un sistema prefabbricato quale il BubbleDeck, che permette una riduzione del peso del solaio e di tutta la struttura in generale. Questa tecnologia permette di coprire grandi superfici, mantenendo la libertà nell'utilizzo in pianta (es. parcheggi, centri commerciali, ospedali,...).

Tuttavia, nel caso di piastre continue su pilastri, lo spessore richiesto risulta maggiore rispetto al caso di una singola piastra su travi o setti. Risulta infatti necessario dimensionare correttamente le armature in corrispondenza degli appoggi per resistere al momento flettente e ai carichi di punzonamento (taglio). Un'ulteriore divisione si ha fra le piastre standard e le piastre alleggerite.

BUBBLE DECK SYSTEM

Per raggiungere un buon compromesso fra le prestazioni strutturali e la leggerezza della struttura complessiva, la soluzione proposta prevede un sistema semi-prefabbricato

costituito da un solaio in calcestruzzo rinforzato alleggerito.

Il BubbleDeck® è un sistema che permette di svuotare il centro del solaio in calcestruzzo grazie all'inserimento di sfere di alleggerimento in plastica riciclata. Questa tecnologia ha un comportamento strutturale comparabile a quello di un solaio pieno, poiché le sfere rimuovono la porzione di calcestruzzo che ha effetti minori sul comportamento flessionale, risulta quindi inalterato il comportamento allo stato ultimo (SLU). In presenza dei pilastri, a causa del punzonamento e della concentrazione degli sforzi è necessario ristabilire la soletta piena, in questo caso è possibile rimuovere le sfere ed inserire l'armatura a taglio. In proporzione ai carichi applicati si hanno vantaggi tecnici ed economici proporzionali allo spessore del solaio stesso, siccome l'incidenza degli elementi di alleggerimento aumenta con esso. Oltre ai vantaggi da un punto di vista tecnico, risulta centrale la libertà di progettazione.

La fornitura in cantiere consiste in moduli alleggeriti di 2,5m. Questi moduli sono costruiti in loco attraverso l'assemblaggio di due reti elettrosaldate separate da un traliccio anch'esso elettrosaldato, al cui interno vengono inserite le sfere di alleggerimento in HDPE (high density polyethylene) che rimangono nella loro posizione grazie alla presenza delle reti elettrosaldate. La preparazione della piastra e l'installazione del BubbleDeck® è del tutto simile a quella dei solai pieni in calcestruzzo armato. La differenza consiste nella presenza degli elementi di alleggerimento, che richiedono la presenza di due fasi distinte di costruzione (Fig.X). In fase di progettazione, l'ampia scelta di elementi di alleggerimento permette di ottenere spessori compresi fra 25 e 70cm, questi elementi consentono una riduzione di peso del solaio compresa fra 191 e 573 Kg/m². Una dimensione costante per tutti solai è il rapporto fra l'interasse "i" e il diametro "D" delle sfere di alleggerimento usate, che risulta essere $i=D:0,9$.

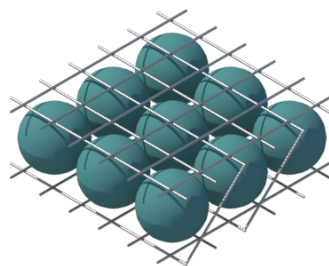
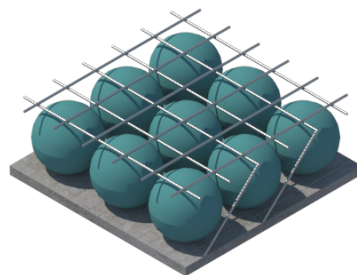
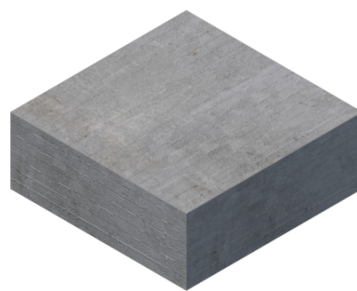


Figura29: Fasi di costruzione del BubbleDeck®

Caratteristiche e vantaggi

SOSTENIBILITÀ

Il sistema del BubbleDeck® consente l'utilizzo cosciente e sostenibile delle risorse. La riduzione dell'utilizzo del calcestruzzo e di conseguenza della produzione di cemento, comporta una riduzione significativa dell'emissioni di CO₂. Le sfere di alleggerimento possono essere prodotte da materiali riciclati, incrementando la sostenibilità complessiva del sistema. In caso di un recupero o demolizione dell'edificio, i materiali sintetici delle sfere possono essere facilmente separati dal resto, garantendo il riciclo delle stesse e riducendo ulteriormente la CO₂²⁰.

RIDUZIONE DEI TEMPI DI COSTRUZIONE

Questo sistema può essere realizzato in maniera modulare e prefabbricata,

realizzando il primo getto che permette la creazione di lastre da posizionare in cantiere. Questo permette di ridurre drasticamente i tempi di costruzione in cantiere, poiché non risultano necessari sistemi di sostegno²¹.

RIDUZIONE DEI COSTI

La riduzione del peso del solaio comporta una riduzione dei costi di trasporto e di movimentazione del materiale in cantiere. Un ulteriore risparmio di risorse è riscontrabile in fase progettuale e costruttiva con la riduzione della sezione degli elementi di sostegno (pilastri), grazie alla riduzione dei carichi permanenti gravanti sulla struttura.

Specifiche tecniche

Il comportamento strutturale del sistema è stato ampiamente esaminato grazie a innumerevoli ricerche ed esperimenti. Una delle caratteristiche fondamentali del sistema BubbleDeck® è che la capacità portante corrisponde a quella di una soletta piena. Il sistema risulta inoltre conforme alle norme tecniche nazionali.

FLESSIONE

Il comportamento flessionale in termini di resistenza a SLU (Stato Limite Ultimo) analizzato su campioni costruiti in base al sistema BubbleDeck® ha mostrato livelli di resistenza, in termini di resistenza flessionale, analoghi a quelle di una soletta piena²².

E' stato inoltre accertato che la freccia del solaio alleggerito, considerando il medesimo carico, risulta essere il 15% maggiore di un solaio pieno dello stesso spessore, questo risultato è riscontrabile in condizione fessurata e non. Considerando invece la riduzione del peso si può affermare che, fino ad un valore di 1,5 del rapporto tra il sovraccarico e il peso proprio del solaio pieno dello stesso spessore, la freccia del solaio costruito col sistema BubbleDeck® sono sempre minori e di conseguenza vantaggiose rispetto allo solaio pieno²³.

RESISTENZA A TAGLIO

Seguendo un procedimento analogo, la determinazione della resistenza a taglio del BubbleDeck® è stata calcolata sulla base di test diversificati con simulazioni che rappresentassero ogni possibile tipologia di stress che si possa riscontrare allo SLU²⁴. I test permettono di dedurre una resistenza a taglio residua che risulta essere ridotta, rispetto ad un solaio pieno, di un valore $r=0,55$ (55% della resistenza di un solaio pieno dello stesso spessore).

RESISTENZA A PUNZONAMENTO

Il comportamento a punzonamento in prossimità degli elementi di supporto verticali è di centrale importanza nell'analisi delle piastre, poiché in prossimità dei pilastri i valori di taglio possono eccedere i limiti di progetto del solaio alleggerito. Questa problematica può essere risolta rimuovendo le sfere di alleggerimento in corrispondenza dei punti critici, in maniera tale da recuperare completamente la resistenza a taglio ottenibile da un solaio pieno.

Il sistema BubbleDeck®, grazie alla forma degli elementi di alleggerimento, porta alla creazione di un comportamento ad arco sulle superfici adiacenti le sfere, questo effetto insieme all'effetto traliccio generato dall'armatura permette di resistere a sforzi maggiori rispetto ad un solaio alleggerito tradizionale del medesimo spessore.

DIMENSIONAMENTO

Il dimensionamento di un solaio in BubbleDeck®, ad eccezione di casi particolarmente complessi, si svolge in maniera analoga al calcolo di un solaio tradizionale in calcestruzzo rinforzato. Le fasi possono essere schematizzate nel seguente schema:

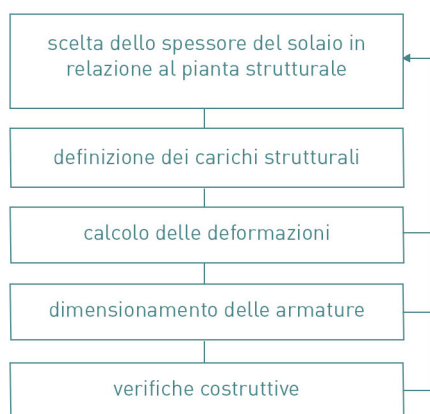


Figura30: Flowchart del processo di calcolo della struttura

PREDIMENSIONAMENTO

Per il predimensionamento di piastre in calcestruzzo è opportuno ipotizzare uno spessore minimo pari a 1/25 della luce massima.

$$h_{\min} = 1/25 \cdot 7,4\text{m} = 0,30\text{m}$$

DETERMINAZIONE DEL PESO DEL SOLAIO

Per la determinazione del peso proprio del solaio BubbleDeck® è stata utilizzata la tabella 20. A seconda dello spessore ipotizzato e degli elementi di alleggerimento scelti, è possibile determinare il peso globale e il fattore di riduzione del peso rispetto ad un solaio pieno del medesimo spessore (in generale il fattore di riduzione è compreso fra 29 e 35%). Nel caso analizzato il peso della piastra risulta essere 589 e 743 kg/m², lo spessore iniziale è stato poi ridotto laddove le verifiche risultavano ampiamente verificate per ridurre al minimo lo spreco di materiale.

DIMENSIONI PIASTRE E GIUNTI

Date le ampie superfici coperte dalle piastre in CA è necessario dividere in due le piastre su entrambi i livelli. Questa operazione può essere realizzante raddoppiando la struttura portante verticale oppure inserendo degli appositi giunti che permettono la continuità della piastra.

Nel nostro caso abbiamo optato per l'utilizzo di connettori a taglio che consentono la trasmissione di forze di taglio, evitando movimenti differenziali. Il sistema consente i movimenti in direzione assiale dovuti al ritiro, scorrimento o dilatazioni termiche.

Nella disposizione dei giunti si deve porre particolare attenzione alla loro posizione, essi devono infatti essere inseriti dove i valori del momento flettente sono minimi, abbiamo quindi scelto di porre i giunti in prossimità degli appoggi.



Figura31: Connettori a taglio HALFEN HSD®

BubbleDeck	Φ (mm)	Volume delle sfere (dm ³)	Riduzione del peso (kg/m ²)	H Piastra (cm)	Peso del solaio pieno (kg/m ²)	Peso del solaio BD (kg/m ²)	Risparmio di peso (%)
BD - 270	270	10,3	286	35	875	589	33%
BD - 315	315	16,4	334	40	1000	666	33%
BD - 360	360	24,4	382	45	1125	743	34%
BD - 450	450	47,7	477	55	1375	898	35%
BD - 540	540	82,4	573	65	1625	1052	35%

Tabella20: Caratteristiche dei solai in BubbleDeck

Calcolo delle deformazioni

Le deformazioni del solaio in BubbleDeck® sono state analizzate mediante l'utilizzo del software a elementi finiti: Robot Structure. L'analisi delle piastre è stata eseguita considerando il peso specifico equivalente che può essere determinato a partire dalla tipologia di solaio scelto ($\gamma_{\text{eqv}} = PP_{\text{BD}}/H$).

Conoscendo gli spostamenti ottenuti, a causa della minore rigidità equivalente del BubbleDeck (J_{BD}) in confronto a quella del solaio pieno (J_{MD}), gli spostamenti sono determinati incrementando il valore di un fattore pari a $W_{\text{BD}}/W_{\text{mass}}$. Per semplicità questo incremento è stato considerato pari al 15%.

$$f_{\text{BD}} = f_{\text{MD}}(\gamma_{\text{BD}})(W_{\text{BD}}/W_{\text{mass}}) \leq f_{\text{MD}}$$

$$f_{\text{BD}} = f_{\text{MD}}(\gamma_{\text{BD}}) \cdot 1.15 \leq f_{\text{MD}}$$

dove:

BD = BubbleDeck

MD = Solaio pieno

f = spostamenti

γ_{BD} = peso specifico del BD

Secondo le norme tecniche delle costruzioni (DM 9.1.1996, 4.3.3) non è necessario la verifica delle deformazioni nel caso di piastre semplici quando il rapporto luce/spessore è minore di 20. Nei casi di strutture snelle è necessaria la verifica delle deformazioni, in particolare deve essere verificato il rapporto fra spostamento massimo e luce massima (f_{max}/l). Agli stati limite di esercizio (SLE) per garantire la funzionalità della struttura il rapporto deve essere inferiore a 1/250, mentre allo stato limite ultimo il limite è pari a 1/500. E' possibile inoltre considerare lo spostamento relativo fra il centro della piastra e i suoi bordi. La procedura di dimensionamento e verifica è stata eseguita per tutte le quattro piastre presenti nel progetto:

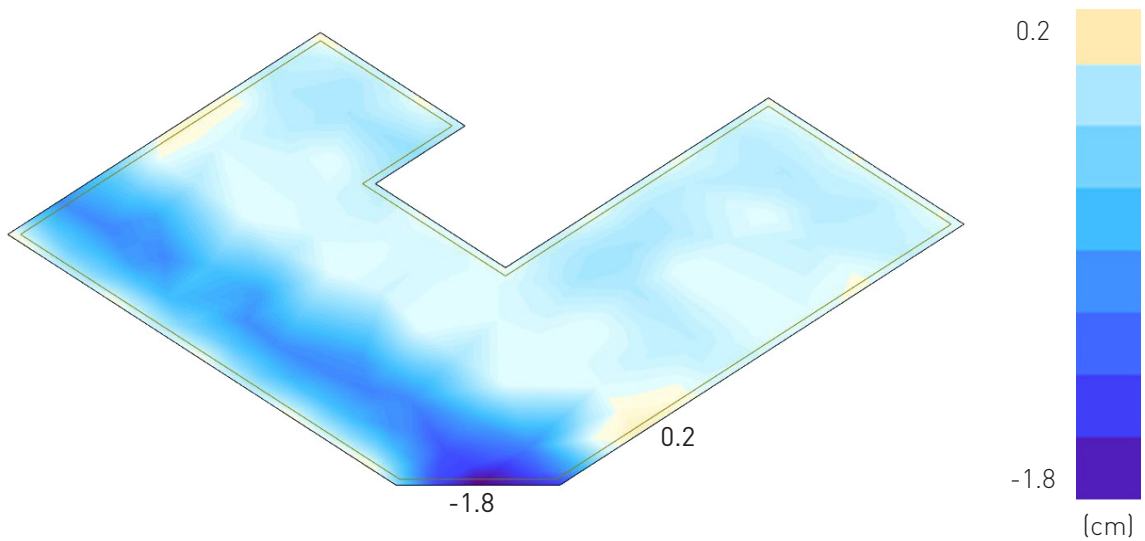
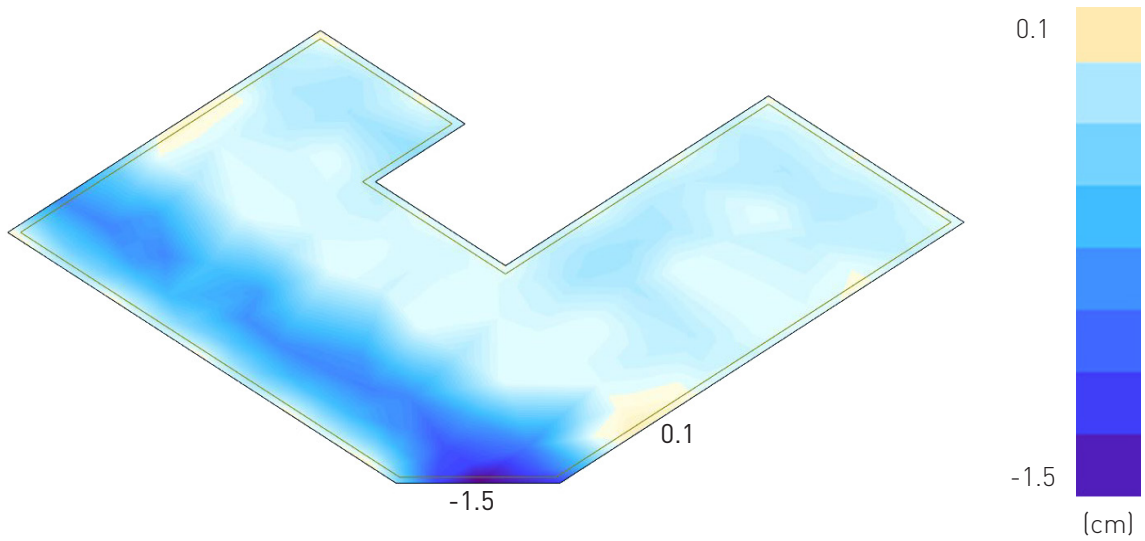
- 1° impalcato DX
- 1° impalcato SX
- 2° impalcato DX
- 2° impalcato SX

Impalcato	H (cm)	G ₁ (kN/m ²)	G ₂ (kN/m ²)	Q _k (kN/m ²)
1SX	45	7.43	2.44	3
1DX	45	7.43	2.44	3
2SX	35	5.89	2.08	5
2DX	35	5.89	2.08	5

Tabella21: Carichi e spessori dei vari impalcati

Nella verifica delle piastre è stato considerato una piastra in calcestruzzo standard (C25/30) a cui è stato assegnato un peso specifico corrispondente al solaio in BubbleDeck del medesimo spessore. L'operazione è stata reiterata fino al raggiungimento di valori di spostamento accettabili. Sono stati considerati, ove possibili, spessori minori in maniera tale da ottimizzare al massimo l'impegno di risorse. Questo si può notare nella scelta di diversi spessori fra il primo e il secondo impalcato, dovuti ad una diversa luce massima dei medesimi.

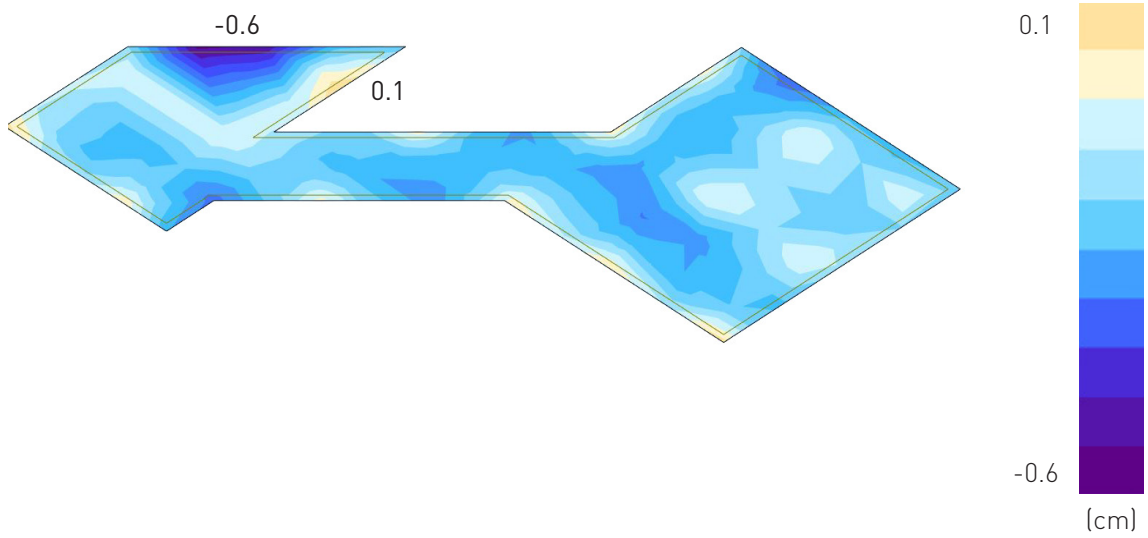
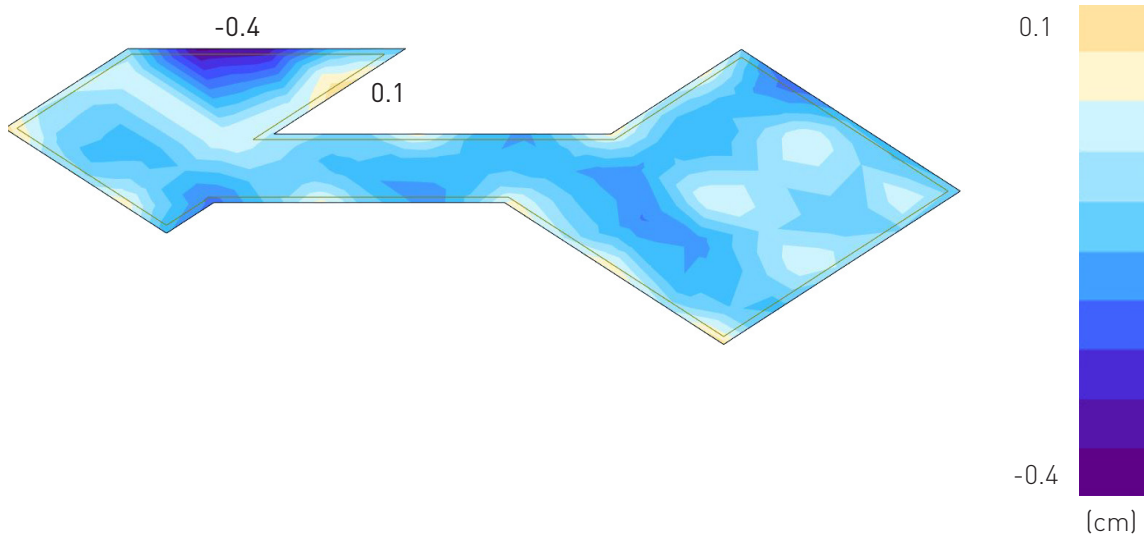
Primo impalcato DX



Calcolo degli spostamenti - 1° impalcato SX							
	f_{max} [cm]	f_{max} [cm]	x 0.75	x 1.15	L_{max} [cm]	f_{max}^*/L	
SLE	-1.5	0.10	-1.13	-1.29	1115	-0.0012	<1/250
SLU	-1.8	0.20	-1.35	-1.55	1115	-0.0014	<1/500

Tabella22: Analisi degli spostamenti del primo impalcato SX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

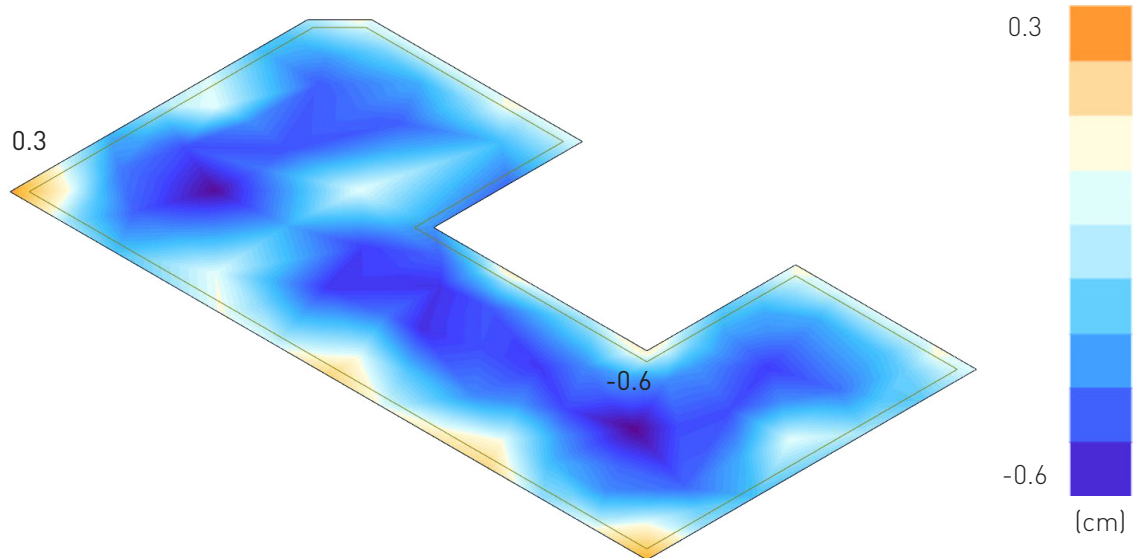
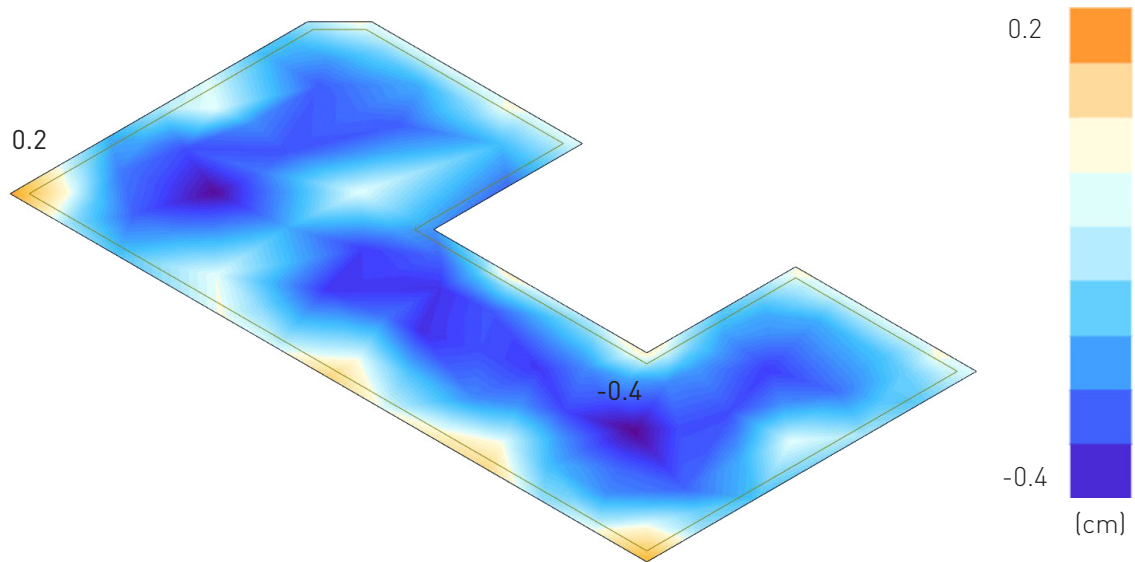
Primo impalcato DX



Calcolo degli spostamenti - 1° impalcato DX							
	f_{max} [cm]	f_{max} [cm]	x 0.75	x 1.15	L_{max} [cm]	f_{max}^*/L	
SLE	-0.4	0.10	-0.30	-0.35	1115	-0.0003	<1/250
SLU	-0.6	0.10	-0.45	-0.52	1115	-0.0005	<1/500

Tabella23: Analisi degli spostamenti del primo impalcato DX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

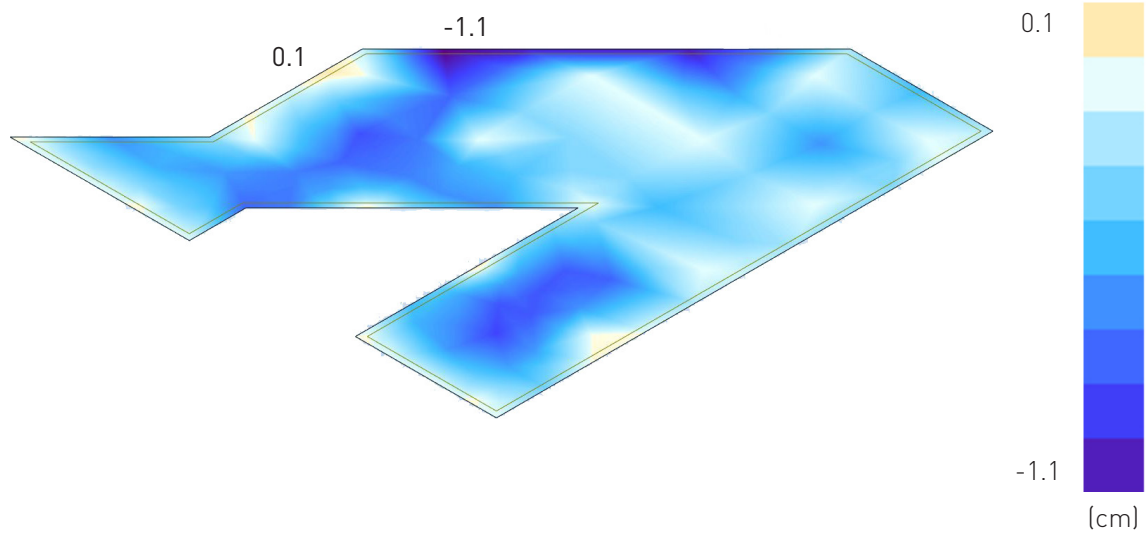
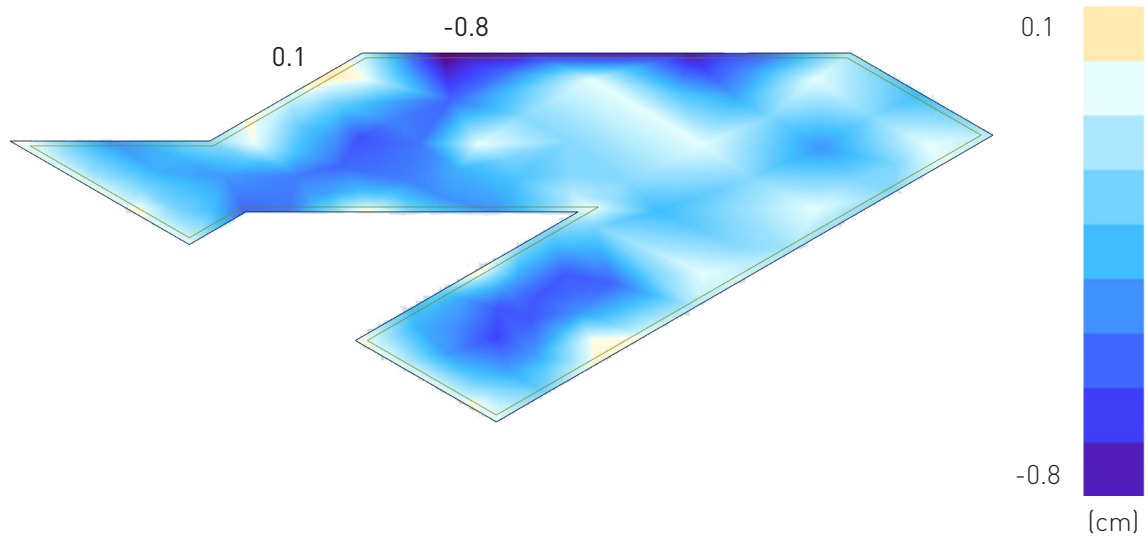
Secondo impalcato SX



Calcolo degli spostamenti - 2° impalcato SX							
	f_{max} [cm]	f_{max} [cm]	x 0.75	x 1.15	L_{max} [cm]	f_{max}^*/L	
SLE	-0.40	0.20	-0.30	-0.35	740	-0.0005	<1/250
SLU	-0.60	0.30	-0.45	-0.52	740	-0.0007	<1/500

Tabella24: Analisi degli spostamenti del secondo impalcato SX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Secondo impalcato DX



Calcolo degli spostamenti - 2° impalcato DX							
	f_{max} [cm]	f_{max} [cm]	x 0.75	x 1.15	L_{max} [cm]	f_{max}^*/L	
SLE	-0.8	0.10	-0.83	-0.95	740	-0.0013	<1/250
SLU	-1.1	0.10	-0.60	-0.69	740	-0.0009	<1/500

Tabella25: Analisi degli spostamenti del secondo impalcato DX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Calcolo dell'armatura (SLU)

Per dimensionare l'armatura delle barre è necessario identificare i punti critici caratterizzati da valori estremi del momento flettente. Per semplificare il procedimento i valori di massimo e minimo sono stati ricavati tramite il programma ad elementi finiti: Robot Structure. I punti analizzati sono quelli che presentano valori estremi in termini di momento flettente (sia positivo che negativo). Una volta identificati i punti critici con i relativi valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} , il procedimento seguente è stato utilizzato nell'analisi di ogni piastra.

I dati iniziali sono costituiti dal momento flettente e dal momento torcente, dove il segno del primo risulta positivo quando le fibre inferiori risultano tese mentre il segno del secondo è irrilevante.

L'armatura è calcolata per ogni punto sia al lembo inferiore che al lembo superiore

I valori di calcolo (m_{xx}^* e m_{yy}^*) rappresentano il momento resistente richiesto dall'armatura.

La procedura di calcolo è stata eseguita per tutti gli elementi:

- 1° impalcato SX
- 1° impalcato DX
- 2° impalcato SX
- 2° impalcato DX

1° IMPALCATO SX

Nelle simulazioni seguenti e nelle successive tabelle sono riportati i punti critici caratterizzati da valori estremi, positivi o negativi, di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} .

- la tabella 26 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} ricavati dall'analisi strutturale
- la tabella 27 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo inferiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*
- la tabella 28 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo superiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*

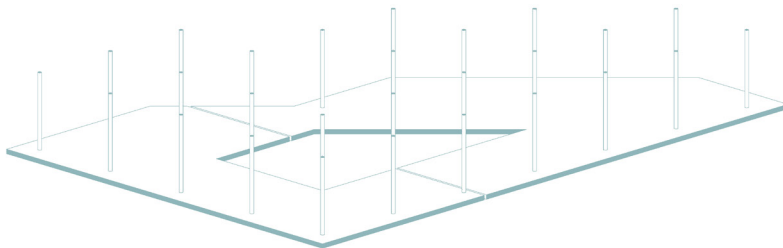
La dimensione della rete elettrosaldata utilizzata come rinforzo nelle parti superiori e inferiori, è ottenuta selezionando i punti critici. Segue poi il calcolo allo stato limite ultimo (SLU), considerando un acciaio da costruzione standard (B450C) caratterizzato da una tensione di snervamento pari a:

$$f_{yd} = 450 \text{ MPa} / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$$

Il braccio delle forze interne z , viene considerato pari a 0.8 volte lo spessore della piastra²⁵:

$$z = 0.8 \times 45 \text{ cm} = 0.36 \text{ m}$$

Secondo impalcato



Primo impalcato

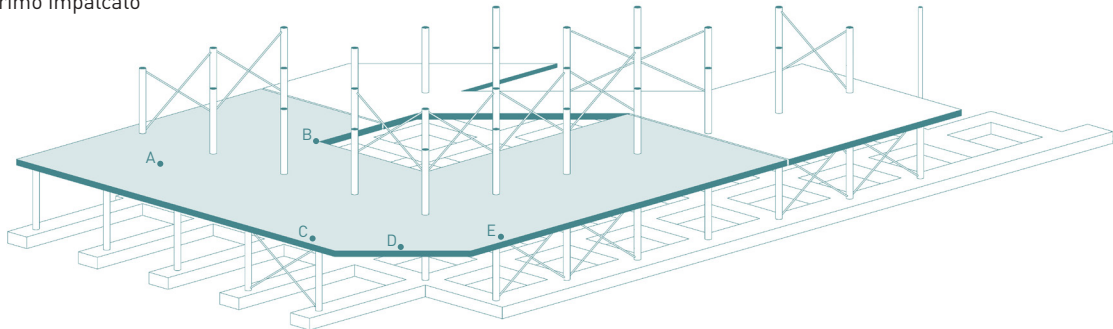


Figura32: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 1° impalcato SX

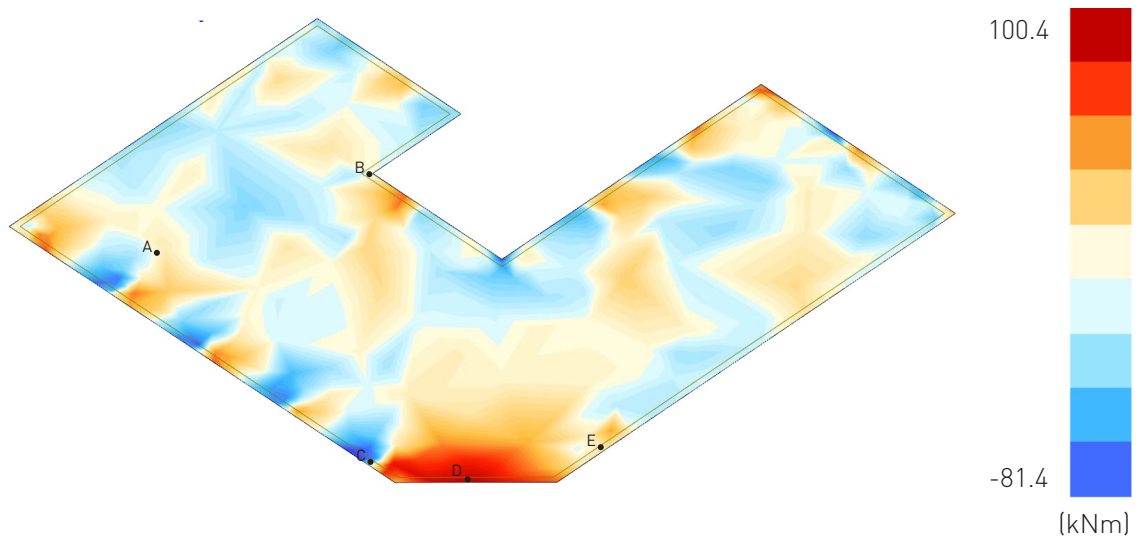
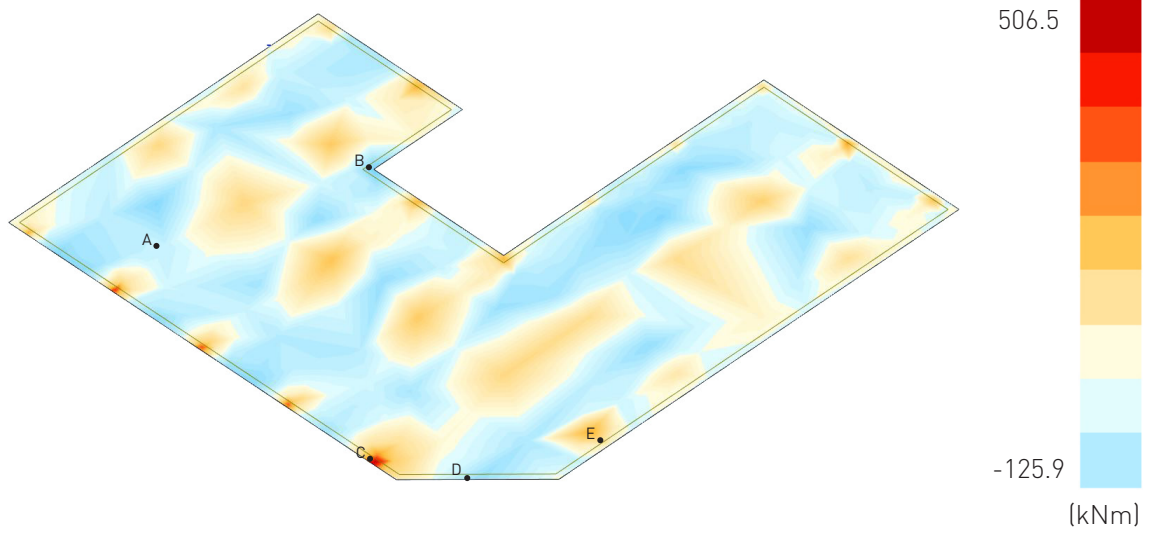
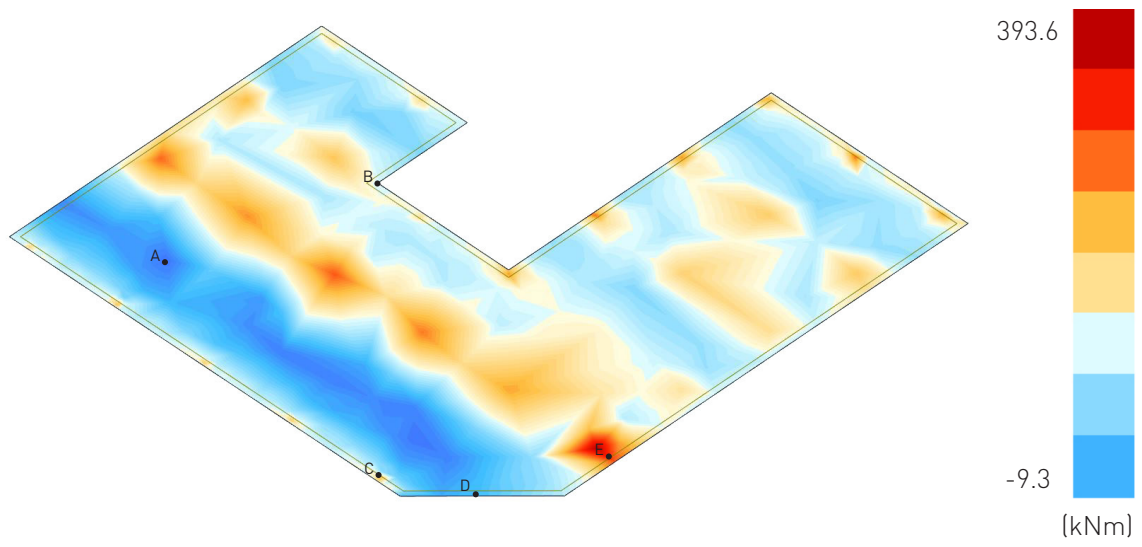


Figura33: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul primo impalcato SX

NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	m_{xy} [kNm]
A	-233.12	-35.83	10.62
B	-9.28	-125.87	1.33
C	144.17	506.48	-81.38
D	137.64	-89.92	100.35
E	393.64	212.48	9.15

Tabella26: 1° impalcato SX, risultati dell'analisi strutturale

PARTE INFERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A			-		
B			-		
C	144.17	506.48	81.38	225.55	587.86
D	137.64	-89.92	100.35	237.99	10.43
E	393.64	212.48	9.15	402.79	221.63

Tabella27: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

PARTE SUPERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	233.12	35.83	10.62	243.74	46.45
B	9.28	125.87	1.33	10.61	127.2
C			-		
D			-		
E			-		

Tabella28: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Per la determinazione dell'area di armatura necessaria operiamo nel seguente modo:
dato il momento reagente (m_{xx}^*) lungo la direzione x, l'area risulta essere:

$$A_{x,teo} = m_{xx}^* / (z \times f_{yd})$$

dato il momento reagente (m_{yy}^*) lungo la direzione y, l'area risulta essere:

$$A_{y,teo} = m_{yy}^* / (z \times f_{yd})$$

PARTE INFERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
C	225.55	587.86	16.01	36.59
D	237.99	10.43	16.89	0.74
E	402.79	221.63	28.59	15.73

Tabella29: Valori di armatura nella parte inferiore

PARTE SUPERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
A	243.74	46.45	17.30	3.30
B	10.61	127.2	0.75	9.03

Tabella30: Valori di armatura nella parte superiore

Nella parte inferiore è necessario avere un armatura pari a 28.59cm² lungo la direzione x e di 36.59cm² lungo y.

Nella parte superiore è necessario avere un armatura pari a 17.30cm² lungo la direzione x e di 9.03cm² lungo y.

L'armatura longitudinale viene considerata per l'intera estensione della piastra.

Inoltre, viene verificato che l'area

dell'armatura longitudinale $A_{s,teo}$ nelle aree in trazione lungo le due direzioni sia maggiore del valore minimo previsto dalla norma (NTC 2018 § 4.1.6.1.1)

$A_{s,min}$ è definito da:

$$A_{s,min} = 0.26 f_{ctm} / f_{yk} b_t d = 7.39 \text{ cm}^2$$

e, in ogni caso, minore di:

$$A_{s,min} = 0.00013 b_t d$$

dove:

b_t è la lunghezza dell'area tesa

d è l'altezza utile della sezione

f_{ctm} è il valore di resistenza a trazione medio

f_{yk} tensione caratteristica di snervamento (450N/mm²)

È consigliabile, inoltre, mantenere una distanza minima fra le barre d'armatura pari a 7-8cm per consentire una buona distribuzione del calcestruzzo durante le fasi di getto e consentire la fibrazione dello stesso²⁶. In base a questo accorgimento definiamo le sezioni dell'armatura superiore ed inferiore nelle seguenti tabelle:

PARTE INFERIORE					
	A_{reg} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	28.59	10	20	8.00	31.42
y	36.59	8	25	10.00	39.27
PARTE SUPERIORE					
	A_{reg} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	17.3	10	16	8.40	20.11
y	9.03	8	12	11.30	9.05

Tabella31: Proprietà delle reti elettrosaldate

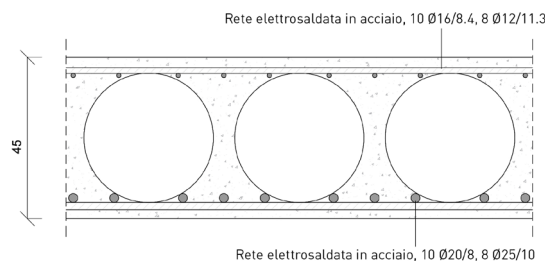


Figura34: Sezione del 1° impalcato SX

1° IMPALCATO DX

Nelle simulazioni seguenti e nelle successive tabelle sono riportati i punti critici caratterizzati da valori estremi, positivi o negativi, di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} .

- la tabella 32 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} ricavati dall'analisi strutturale
- la tabella 33 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo inferiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*
- la tabella 34 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo superiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*

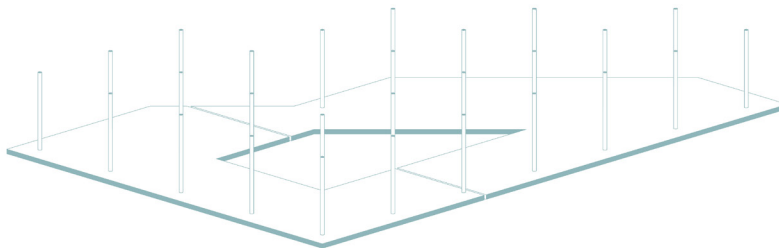
La dimensione della rete elettrosaldata utilizzata come rinforzo nelle parti superiori e inferiori, è ottenuta selezionando i punti critici. Segue poi il calcolo allo stato limite ultimo (SLU), considerando un acciaio da costruzione standard (B450C) caratterizzato da una tensione di snervamento pari a:

$$f_{yd} = 450 \text{ MPa} / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$$

Il braccio delle forze interne z , viene considerato pari a 0.8 volte lo spessore della piastra:

$$z = 0.8 \times 45 \text{ cm} = 0.36 \text{ cm}$$

Secondo impalcato



Primo impalcato

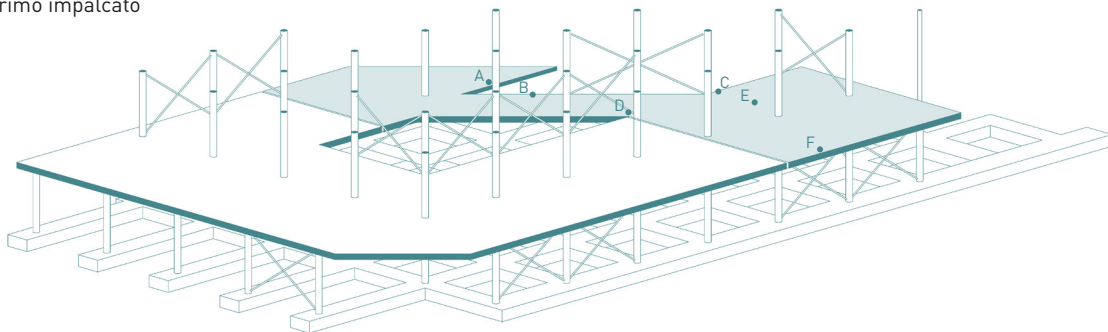


Figura35: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 1° impalcato DX

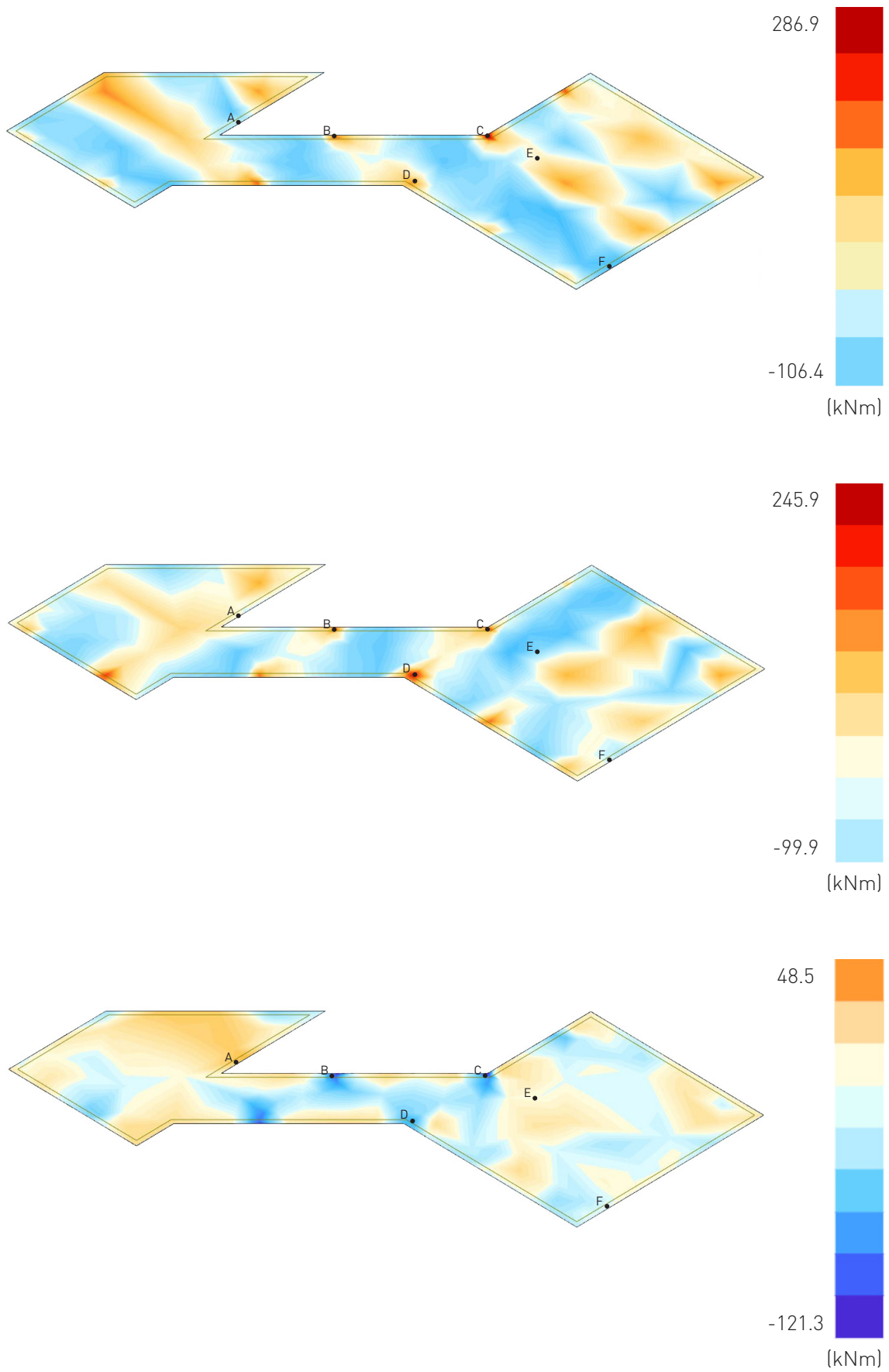


Figura36: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul primo impalcato DX

NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	m_{xy} [kNm]
A	-22.97	-6.57	48.49
B	115.52	89.39	-121.25
C	286.88	193.87	-84.23
D	138.52	245.87	-55
E	-28.9	-99.93	4.14
F	-106.36	-29.03	2.58

Tabella32: 1° impalcato DX, risultati dell'analisi strutturale

PARTE INFERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	-22.97	-6.57	48.49	25.52	41.92
B	115.52	89.39	121.25	236.77	210.64
C	286.88	193.87	84.23	371.11	278.1
D	138.52	245.87	55	193.52	300.87
E			-		
F			-		

Tabella33: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

PARTE SUPERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A			-		
B			-		
C			-		
D			-		
E	28.9	99.93	4.14	33.04	104.07
F	106.36	29.03	2.58	108.94	31.61

Tabella34: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Per la determinazione dell'area di armatura necessaria operiamo nel seguente modo:
dato il momento reagente (m_{xx}^*) lungo la direzione x, l'area risulta essere:

$$A_{x,teo} = m_{xx}^* / (z \times f_{yd})$$

dato il momento reagente (m_{yy}^*) lungo la direzione y, l'area risulta essere:

$$A_{y,teo} = m_{yy}^* / (z \times f_{yd})$$

PARTE INFERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
A	25.52	41.92	1.81	2.98
B	236.77	210.64	16.81	14.95
C	371.11	278.10	26.34	19.74
D	193.52	300.87	13.74	21.36

Tabella35: Valori di armatura nella parte inferiore

PARTE SUPERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
E	33.04	104.07	2.35	7.39
F	108.94	31.61	7.73	2.24

Tabella36 : Valori di armatura nella parte superiore

Nella parte inferiore è necessario avere un armatura pari a 26.34cm² lungo la direzione x e di 21.36cm² lungo y.

Nella parte superiore è necessario avere un armatura pari a 7.73cm² lungo la direzione x e di 7.39cm² lungo y.

L'armatura longitudinale viene considerata per l'intera estensione della piastra.

Inoltre, viene verificato che l'area

dell'armatura longitudinale $A_{s,teo}$ nelle aree in trazione lungo le due direzioni sia maggiore del valore minimo previsto dalla norma (NTC 2018 § 4.1.6.1.1)

$A_{s,min}$ è definito da:

$$A_{s,min} = 0.26 f_{ctm} / f_{yk} b_t d = 7.15 \text{ cm}^2$$

e, in ogni caso, minore di:

$$A_{s,min} = 0.00013 b_t d$$

dove:

b_t è la lunghezza dell'area tesa

d è l'altezza utile della sezione

f_{ctm} è il valore di resistenza a trazione medio

f_{yk} tensione caratteristica di snervamento (450N/mm²)

È consigliabile, inoltre, mantenere una distanza minima fra le barre d'armatura pari a 7-8cm per consentire una buona distribuzione del calcestruzzo durante le fasi di getto e consentire la fibrazione dello stesso²⁷. In base a questo accorgimento definiamo le sezioni dell'armatura superiore ed inferiore nelle seguenti tabelle:

PARTE INFERIORE					
	A_{reg} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	26.34	10	20	8.00	31.42
y	21.36	8	20	10.70	25.13

PARTE SUPERIORE					
	A_{reg} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	7.39	10	10	9.00	7.85
y	7.73	8	12	11.30	9.05

Tabella37: Proprietà delle reti elettrosaldate

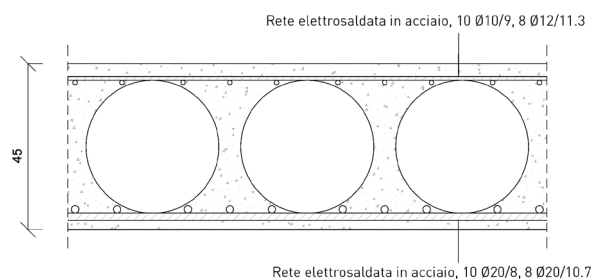


Figura37: Sezione del 1° impalcato DX

2° IMPALCATO SX

Nelle simulazioni seguenti e nelle successive tabelle sono riportati i punti critici caratterizzati da valori estremi, positivi o negativi, di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} .

- la tabella 38 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} ricavati dall'analisi strutturale
- la tabella 39 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo inferiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*
- la tabella 40 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo superiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*

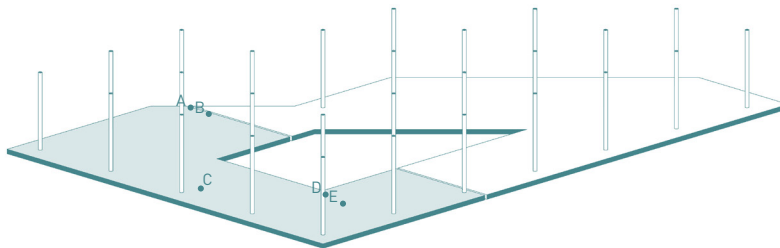
La dimensione della rete elettrosaldata utilizzata come rinforzo nelle parti superiori e inferiori, è ottenuta selezionando i punti critici. Segue poi il calcolo allo stato limite ultimo (SLU), considerando un acciaio da costruzione standard (B450C) caratterizzato da una tensione di snervamento pari a:

$$f_{yd} = 450 \text{ MPa} / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$$

Il braccio delle forze interne z , viene considerato pari a 0.8 volte lo spessore della piastra:

$$z = 0.8 \times 35 \text{ cm} = 0.28 \text{ cm}$$

Secondo impalcato



Primo impalcato

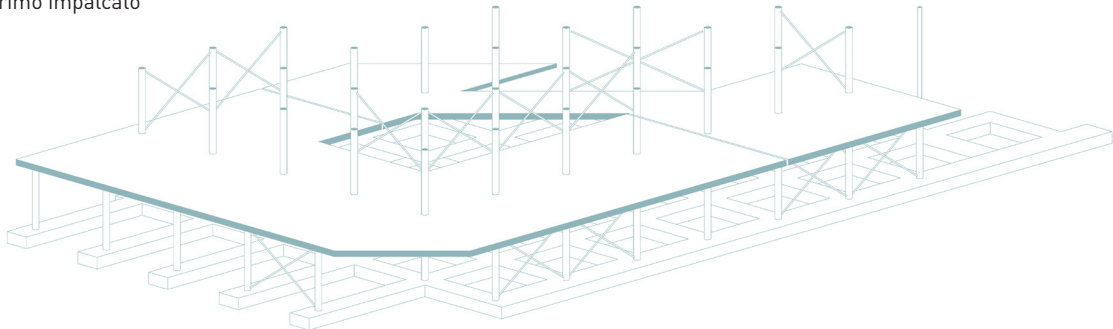


Figura38: Esplosione strutturale con indicati i punti critici del 2° impalcato SX

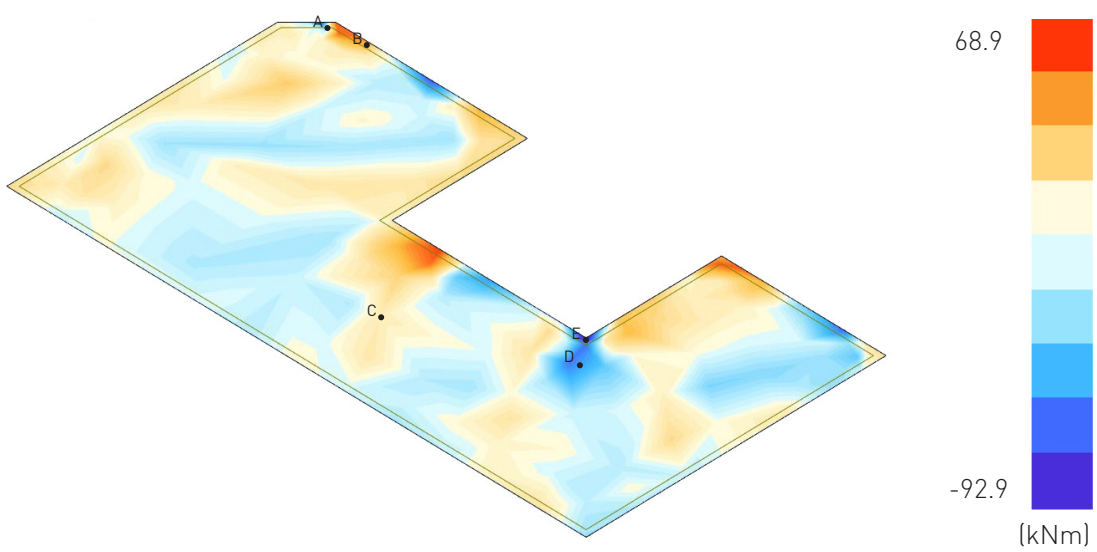
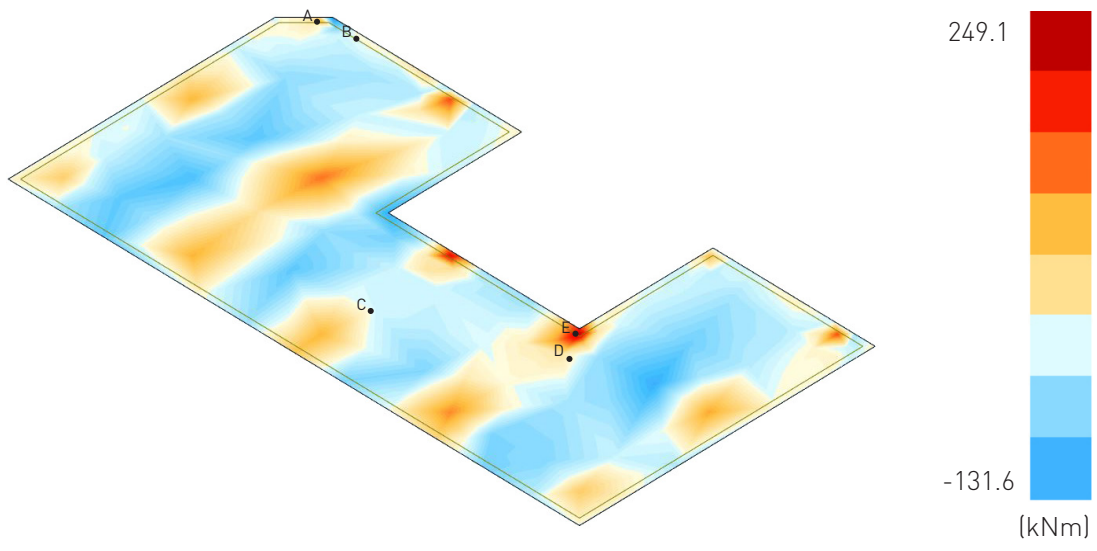
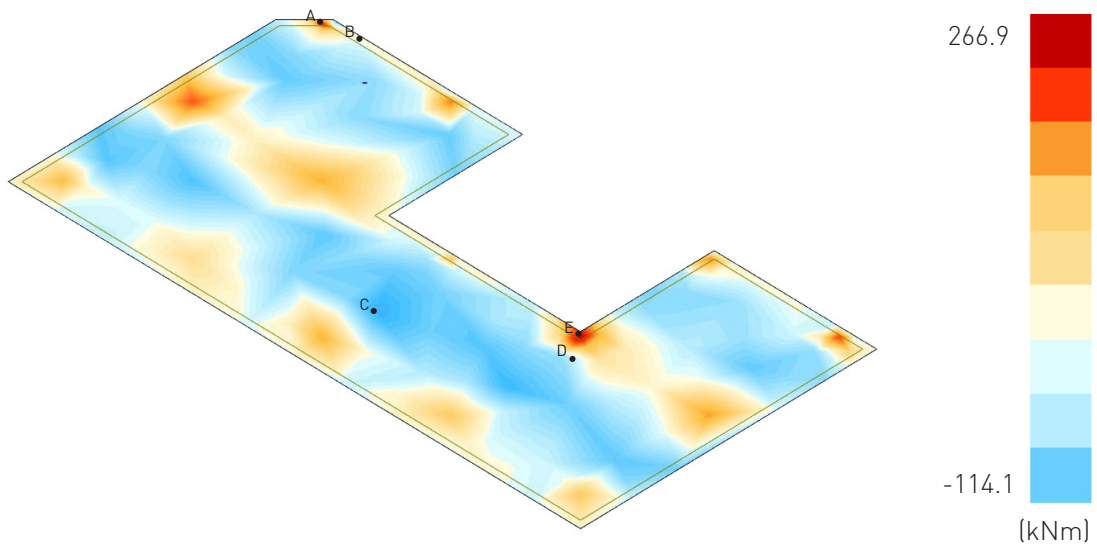


Figura39: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul secondo impalcato SX

NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	m_{xy} [kNm]
A	-49.98	-131.59	52.38
B	4.51	-60.34	68.87
C	-114.09	-8.46	9.97
D	214.48	196.07	-92.87
E	266.92	249.13	-55.32

Tabella38: 2° impalcato SX, risultati dell'analisi strutturale

PARTE INFERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	-49.98	-131.59	52.38	-29.13	0
B	4.51	-60.34	68.87	73.38	8.53
C	-114.09	-8.46	9.97	0	-7.59
D	214.48	196.07	-92.87	307.35	288.94
E	266.92	249.13	-55.32	322.24	304.45

Tabella39: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

PARTE SUPERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	49.98	131.59	-52.38	102.36	183.97
B	-4.51	60.34	-68.87	64.36	129.21
C	114.09	8.46	-9.97	124.06	18.43
D			-		
E			-		

Tabella40: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Per la determinazione dell'area di armatura necessaria operiamo nel seguente modo:
dato il momento reagente (m_{xx}^*) lungo la direzione x, l'area risulta essere:

$$A_{x,teo} = m_{xx}^* / (z \times f_{yd})$$

dato il momento reagente (m_{yy}^*) lungo la direzione y, l'area risulta essere:

$$A_{y,teo} = m_{yy}^* / (z \times f_{yd})$$

PARTE INFERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	Ax,teo [cm ²]	Ay,teo [cm ²]
A	-29.13	0	2.66	0.00
B	73.38	8.53	6.70	0.78
C	0	-7.59	0.00	0.31
D	307.35	288.94	28.05	26.37
E	322.24	304.45	29.41	27.79

Tabella41: Valori di armatura nella parte inferiore

PARTE SUPERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	Ax,teo [cm ²]	Ay,teo [cm ²]
A	102.36	183.97	9.34	16.79
B	64.36	129.21	5.87	11.79
C	124.06	18.43	11.32	1.68

Tabella42: Valori di armatura nella parte superiore

Nella parte inferiore è necessario avere un armatura pari a 29.41cm² lungo la direzione x e di 27.79cm² lungo y.

Nella parte superiore è necessario avere un armatura pari a 11.32cm² lungo la direzione x e di 16.79cm² lungo y.

L'armatura longitudinale viene considerata per l'intera estensione della piastra.

Inoltre, viene verificato che l'area

dell'armatura longitudinale $A_{s,teo}$ nelle aree in trazione lungo le due direzioni sia maggiore del valore minimo previsto dalla norma (NTC 2018 § 4.1.6.1.1)

As,min è definito da:

$$A_{s,min} = 0.26 f_{ctm} / f_{yk} b_t d = 6.59 \text{ cm}^2$$

e, in ogni caso, minore di:

$$A_{s,min} = 0.00013 b_t d$$

dove:

b_t è la lunghezza dell'area tesa

d è l'altezza utile della sezione

f_{ctm} è il valore di resistenza a trazione medio

f_{yk} tensione caratteristica di snervamento (450N/mm²)

È consigliabile, inoltre, mantenere una distanza minima fra le barre d'armatura pari a 7-8cm per consentire una buona distribuzione del calcestruzzo durante le fasi di getto e consentire la fibrazione dello stesso²⁸. In base a questo accorgimento definiamo le sezioni dell'armatura superiore ed inferiore nelle seguenti tabelle:

PARTE INFERIORE					
	A_{req} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	29.41	10	20	8.00	31.42
y	27.79	9	20	9.11	31.42

PARTE SUPERIORE					
	A_{req} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	11.32	10	12	8.80	11.31
y	16.79	8	18	10.70	20.36

Tabella43: Proprietà delle reti elettrosaldate

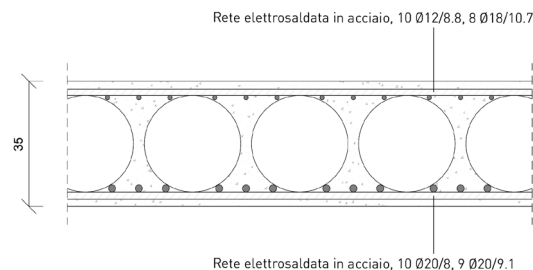


Figura40: Sezione del 2° impalcato SX

2° IMPALCATO DX

Nelle simulazioni seguenti e nelle successive tabelle sono riportati i punti critici caratterizzati da valori estremi, positivi o negativi, di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} .

- la tabella 44 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} ricavati dall'analisi strutturale
- la tabella 45 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo inferiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*
- la tabella 46 riporta i valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} relativi al lembo superiore della piastra e i corrispettivi valori di m_{xx}^* e m_{yy}^*

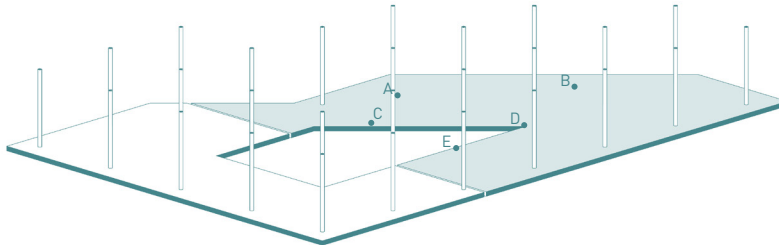
La dimensione della rete elettrosaldata utilizzata come rinforzo nelle parti superiori e inferiori, è ottenuta selezionando i punti critici. Segue poi il calcolo allo stato limite ultimo (SLU), considerando un acciaio da costruzione standard (B450C) caratterizzato da una tensione di snervamento pari a:

$$f_{yd} = 450 \text{ MPa} / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$$

Il braccio delle forze interne z , viene considerato pari a 0.8 volte lo spessore della piastra:

$$z = 0.8 \times 35 \text{ cm} = 0.28 \text{ m}$$

Secondo impalcato



Primo impalcato

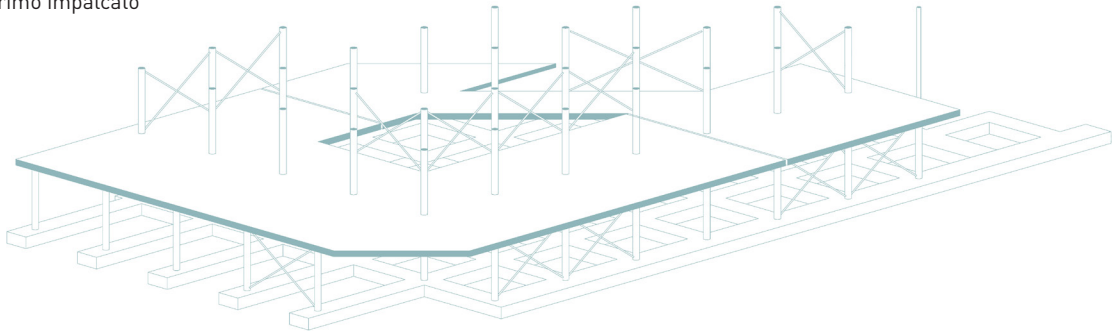


Figura41: Esplosione strutturale con indicati i punti critici del 2° impalcato DX

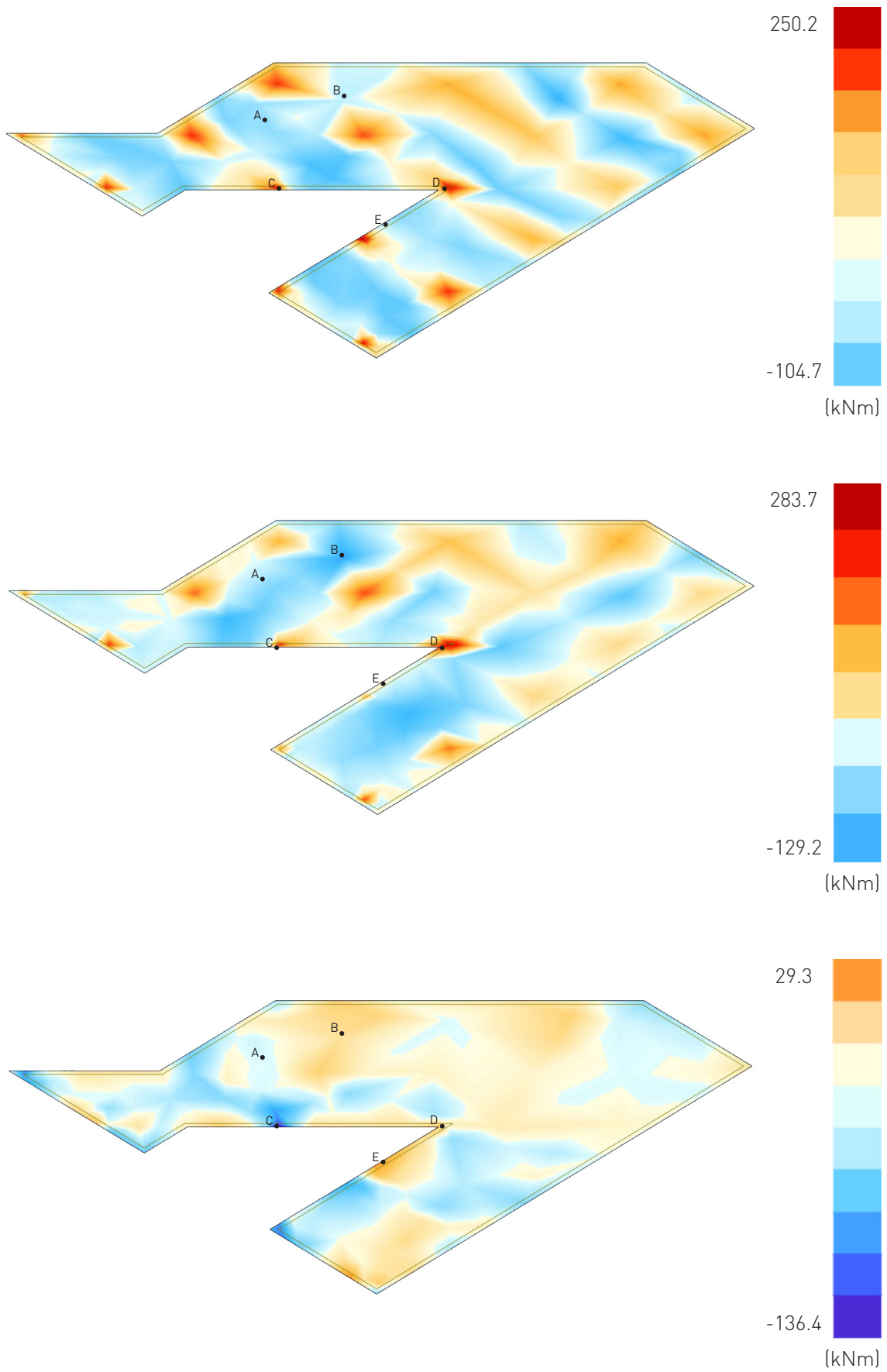


Figura42: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xarr1} sul secondo impalcato DX

NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	m_{xy} [kNm]
A	-22.63	-129.23	23.80
B	-104.73	-14.47	29.25
C	145.55	138.22	-136.41
D	224.63	283.72	12.72
E	250.23	94.24	-2.62

Tabella44: 2° impalcato DX, risultati dell'analisi strutturale

PARTE INFERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	-22.63	-129.23	23.80	-18.25	0
B	-104.73	-14.47	29.25	0	-6.30
C	145.55	138.22	136.41	281.96	274.63
D	224.63	283.72	12.72	237.35	296.44
E	250.23	94.24	2.62	252.85	96.86

Tabella45: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

PARTE SUPERIORE					
NODO	m_{xx} [kNm]	m_{yy} [kNm]	$ m_{xy} $ [kNm]	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]
A	22.63	129.23	-23.8	46.43	153.03
B	104.73	14.47	-29.25	133.98	43.72
C			-		
D			-		
E			-		

Tabella46: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Per la determinazione dell'area di armatura necessaria operiamo nel seguente modo:
dato il momento reagente (m_{xx}^*) lungo la direzione x, l'area risulta essere:

$$A_{x,teo} = m_{xx}^* / (z \times f_{yd})$$

dato il momento reagente (m_{yy}^*) lungo la direzione y, l'area risulta essere:

$$A_{y,teo} = m_{yy}^* / (z \times f_{yd})$$

PARTE INFERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
A	-18.25	0	1.67	0.00
B	0.00	-6.30	0.00	0.58
C	281.96	274.63	25.73	25.07
D	237.35	296.44	21.66	27.06
E	252.85	96.86	23.08	8.84

Tabella47: Valori di armatura nella parte inferiore

PARTE SUPERIORE				
NODO	m_{xx}^* [kNm]	m_{yy}^* [kNm]	$A_{x,teo}$ [cm ²]	$A_{y,teo}$ [cm ²]
A	46.43	153.03	4.24	13.97
B	133.98	43.72	12.23	3.99

Tabella48: Valori di armatura nella parte superiore

Nella parte inferiore è necessario avere un armatura pari a 25.73cm² lungo la direzione x e di 27.06cm² lungo y.

Nella parte superiore è necessario avere un armatura pari a 12.23cm² lungo la direzione x e di 13.97cm² lungo y.

L'armatura longitudinale viene considerata per l'intera estensione della piastra.

Inoltre, viene verificato che l'area

dell'armatura longitudinale $A_{s,teo}$ nelle aree in trazione lungo le due direzioni sia maggiore del valore minimo previsto dalla norma (NTC 2018 § 4.1.6.1.1)

$A_{s,min}$ è definito da:

$$A_{s,min} = 0.26 f_{ctm} / f_{yk} b_t d = 7.68 \text{ cm}^2$$

e, in ogni caso, minore di:

$$A_{s,min} = 0.00013 b_t d$$

dove:

b_t è la lunghezza dell'area tesa

d è l'altezza utile della sezione

f_{ctm} è il valore di resistenza a trazione medio
 f_{yk} tensione caratteristica di snervamento (450N/mm²)

È consigliabile, inoltre, mantenere una distanza minima fra le barre d'armatura pari a 7-8cm per consentire una buona distribuzione del calcestruzzo durante le fasi di getto e consentire la fibrazione dello stesso²⁹. In base a questo accorgimento definiamo le sezioni dell'armatura superiore ed inferiore nelle seguenti tabelle:

PARTE INFERIORE					
	A_{req} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	25.73	10	20	8.00	31.42
y	27.06	9	20	9.11	28.27

PARTE SUPERIORE					
	A_{req} [cm ²]	n°	Ø (cm)	d (cm)	A_{real} [cm ²]
x	12.23	10	14	8.60	15.39
y	13.97	8	16	10.90	16.08

Tabella49: Proprietà delle reti elettrosaldate

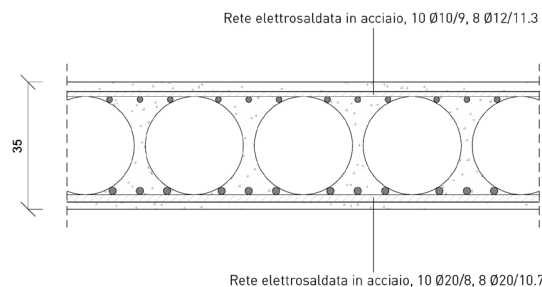


Figura43: Sezione del 2° impalcato DX

Punzonamento

Dopo un'analisi dettagliata sul comportamento a flessione della piastra, è importante considerare una componente fondamentale nella progettazione di questi elementi, ovvero: la resistenza a taglio. Gli sforzi di taglio si concentrano in corrispondenza degli appoggi (pilastri, setti,...) o, altrimenti, in corrispondenza di carichi verticali concentrati. Considerando una piastra appoggiata su pilastri, la reazione degli elementi di sostegno verticale deve essere distribuita alla piastra nei punti di interfaccia fra questi due elementi. Questo punto risulta caratterizzato da elevati valori di taglio che possono risultare dannosi per l'integrità della struttura. La conseguenza può essere la formazione di fessure diagonali che attraversano la piastra per l'intero spessore e possono portare al collasso improvviso della piastra in corrispondenza dei pilastri.

La presenza di armature nella parte inferiore e superiore, appositamente progettate per resistere a flessione, permettono di ottenere una buona resistenza a taglio. Tuttavia risulta necessario verificare, e se necessario, dimensionare l'armatura in questi punti particolari considerando gli elevati valori di taglio.

La verifica a punzonamento è stata eseguita, per semplicità, mediante l'utilizzo del software Peikko Designer®. La reazione data dal pilastro di sostegno è stata ottenuta mediante il software RobotStructures, considerando il pilastro caratterizzato dal valore di taglio maggiore per i due diversi impalcato.

La simulazione non prevede la presenza degli elementi di alleggerimento, infatti, per aumentare la resistenza a taglio della piastra, in corrispondenza dei pilastri essa sarà costituita per l'intero spessore da calcestruzzo. Le seguenti tabelle riportano le caratteristiche geometriche dei due elementi analizzati e le caratteristiche dei materiali utilizzati.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE		
	1°impalcato	2°impalcato
Spessore (mm)	450	350
Diametro pilastro (mm)	500	500
Copriferro superiore (mm)	25	22
Copriferro inferiore (mm)	20	20

Tabella50: Proprietà geometriche delle piastre

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI		
Materiale	Classe	f_{cd} (N/mm ²)
Calcestruzzo	C25/30	$\alpha_{cc} = f_{ck} / \gamma_c = 14$
Acciaio	B450C	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391$

Tabella51: Proprietà dei materiali utilizzati

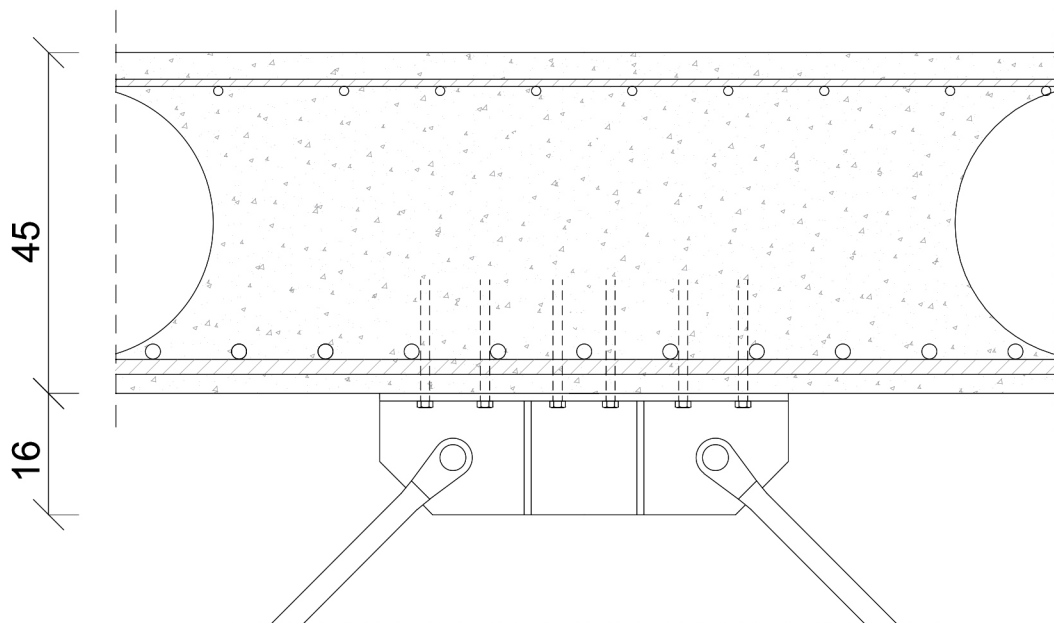
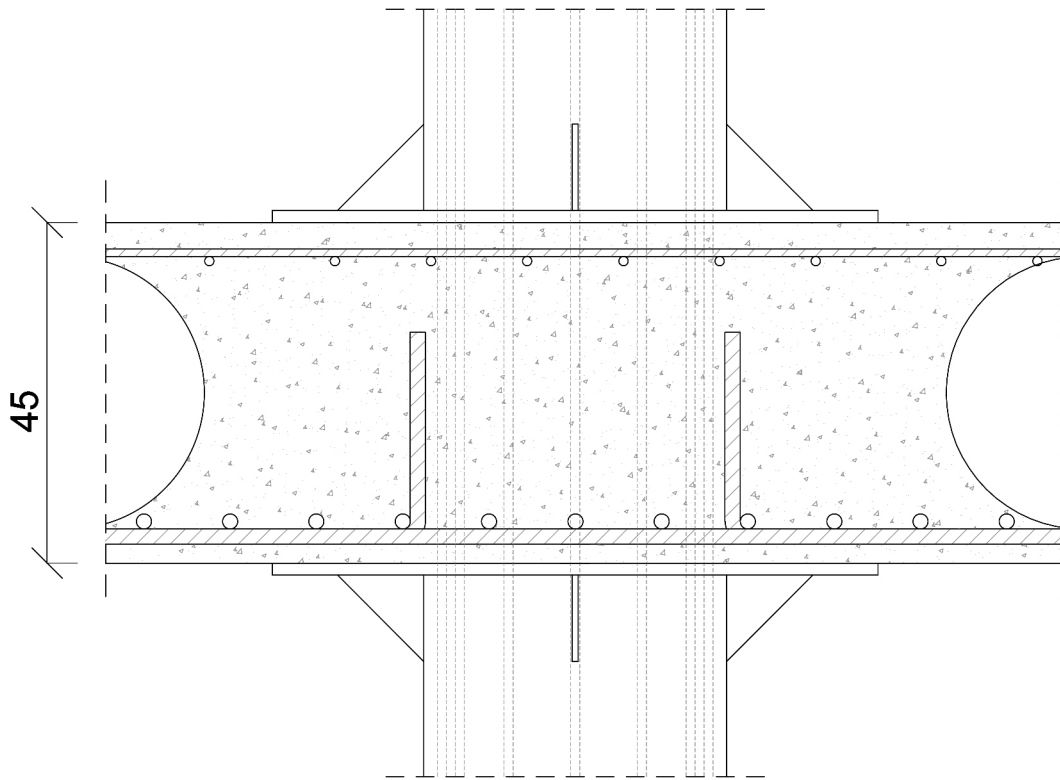
CARICHI APPLICATI		
	1°impalcato	2°impalcato
Sforzo di taglio (kN)	$V_{Ed} = 658.9$	$V_{Ed} = 677.0$
Fattore di incremento del taglio	$\beta = 1.4$	$\beta = 1.4$

Tabella52: Carichi applicati

Connessioni

Di seguito sono riportati i dettagli strutturali di connessione fra le piastre in calcestruzzo alleggerite e gli elementi strutturali verticali. Per una migliore connessione viene utilizzata una piastra in corrispondenza del pilastro, si può notare inoltre l'assenza degli elementi di alleggerimento.

I controventi previsti sono caratterizzati da una geometria a V ribaltata che consente di sfruttare meglio lo spazio e permette l'apertura di ingressi e vie di fuga.



Estratto61: Dettagli costruttivi

DIMENSIONAMENTO COPERTURA

Per garantire leggerezza alla struttura della copertura si è deciso di utilizzare un telaio in acciaio che consente di ridurre al minimo lo spessore. Alla struttura andranno poi ad agganciarsi, con opportuni supporti, gli elementi di rivestimento che saranno costituiti nella parte superiore da pannelli sandwich con pannelli fotovoltaici integrati e nella parte inferiore da pannelli sandwich con finitura a specchio. Per garantire rigidità sul piano orizzontale saranno poi inseriti nell'intercapedine dei sistemi di controvento orizzontale.

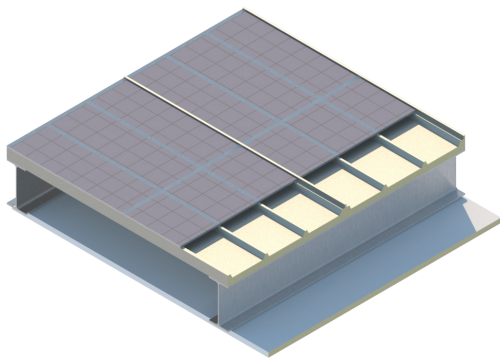


Figura44: Spaccato assonometrico copertura

DIMENSIONAMENTO DEL PANNELLO SANDWICH

La scelta di pannelli sandwich in copertura è stata legata all'elevata rigidità flessionale che garantiscono e alla facilità di assemblamento in cantiere. Inoltre, nonostante non sia necessario un isolamento termico (essendo una partizione esterna), la presenza dell'isolamento permette di incrementare l'isolamento acustico nei confronti degli agenti atmosferici che colpiscono la copertura.

Per il dimensionamento sono stati considerati i carichi permanenti e i carichi variabili dovuti all'affollamento e alla neve legati indicati nella seguente tabella:

ANALISI DEI CARICHI DELLA COPERTURA	
G_k	0.50 kN/m ²
G_s	1.20 kN/m ²
TOTALE (SLE)	1.20 kN/m²

Tabella53: Analisi dei carichi

Ai fini del dimensionamento della lamiera si è considerato lo stato limite di esercizio (SLE) calcolando la combinazione caratteristica rara nel seguente modo:

$$G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} Q_{k2} + \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Facendo riferimento alla tabella 54³⁰, si sono calcolate le varie combinazioni considerando infine quella sfavorevole.

Categoria / Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento	1,0	0,9	0,8
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (quota < 1000m slm)	0,5	0,2	0,0
Neve (quota > 1000m slm)	0,7	0,5	0,2

Tabella54: Coefficienti riduttivi utilizzati

Per il dimensionamento si è fatto riferimento alla tabella 54, considerando uno schema statico a singola campata, una luce di 2m e il relativo carico. Il pannello scelto risulta sovradimensionato, nonostante ciò la lunghezza dei pannelli scelta risulta ottimale poichè coincide con quella del modulo fotovoltaico applicato, questo permette quindi di massimizzare la superficie di pannelli in copertura.

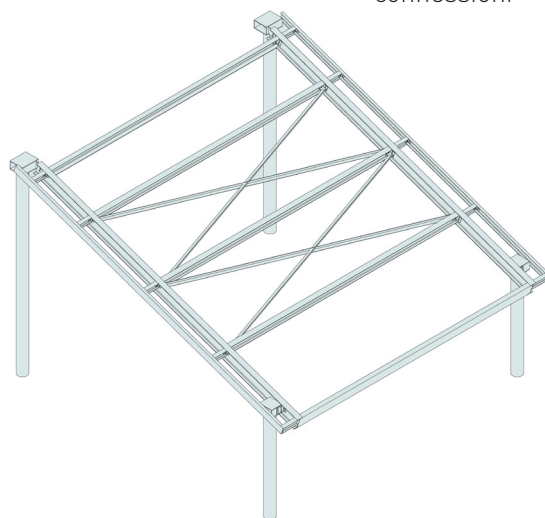


Figura45: Assonometria degli elementi strutturali della copertura

Spessore S (mm)	CARICO MASSIMO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO (kg/m ²)				
	Distanza fra gli appoggi				
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
50	389	238	145	98	78
60	490	305	218	150	115
80	704	451	313	230	176
100	924	591	401	292	221
120	1110	716	502	362	271

Tabella55: Tabelle per il dimensionamento

Il pannello adottato è caratterizzato da uno spessore di 50mm e da un peso:

$$G_1=0.098 \text{ kN/m}^2$$

DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La struttura portante della copertura è costituita da un telaio in acciaio costituito da un'orditura secondaria su cui vengono applicati i pannelli sandwich e un'orditura primaria che si collega a pilastri. A questi elementi si aggiungono i sistemi di controventatura orizzontali che garantiscono la creazione di un sistema rigido.

Si procederà quindi nel seguente ordine:

- dimensionamento e verifica travi secondarie
- dimensionamento e verifica travi primarie
- dimensionamento e verifica dei controventi
- dimensionamento e verifica delle connessioni

Dimensionamento travi secondarie

Per il dimensionamento delle travi secondarie si fa riferimento ad una luce pari a 7m ed un interasse di 2m, considerando il seguente schema strutturale:

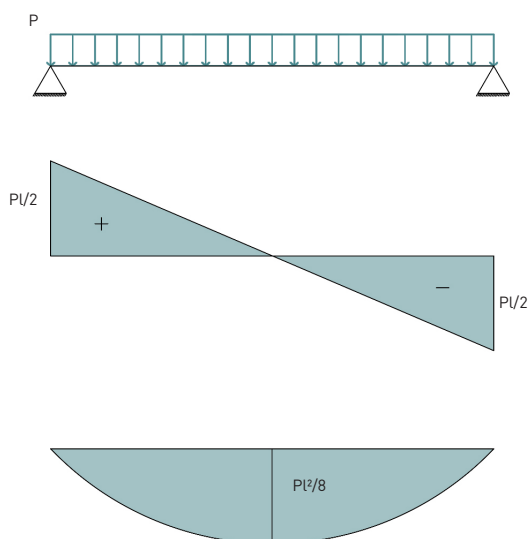


Figura46: Schema statico trave in appoggio-appoggio

ANALISI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Nella seguente tabella sono riassunti i carichi applicati, per l'analisi consideriamo la cui combinazione caratteristica rara più sfavorevole, che risulta essere pari a:

$$P = 1.35 \text{ kN/m}^2$$

ANALISI DEI CARICHI DELLA COPERTURA	
G_1	0.10 kN/m ²
G_2	0.05 kN/m ²
G_K	0.50 kN/m ²
G_S	1.20 kN/m ²
TOTALE (SLE)	1.35 kN/m²

Tabella56: Analisi dei carichi allo SLE

Per il dimensionamento si impone un valore massimo di freccia, corrispondente alla condizione di carico sopra descritta, pari al valore limite previsto dalla norma:

$$f = \frac{5ql^4}{384EI}$$

dove il valore della freccia massima è pari ad 1/350 della lunghezza totale della trave per prevenire fenomeni di svergolamento:

$$f_{\max} = l/350 = 28 \text{ mm}$$

applicando la formula sopra descritta si calcola il valore di inerzia minima della trave:

$$I = 1436 \text{ cm}^4$$

Al valore di inerzia minima trovata, corrisponde una trave IPE240, che fa prontuario risulta avere un'inerzia pari a 3892 cm⁴ ed un peso proprio di 0.31 kN/m.

Si procede ora alla verifica della freccia massima sul profilo scelto, tenendo conto di un carico q^* pari alla somma della combinazione di carico e del peso proprio della trave p :

$$q^* = P_0 + p = 3.01 \text{ kN/m}$$

$$f = 11.5 \text{ mm}$$

$$11.5 \text{ mm} < 28 \text{ mm}$$

VERIFICATO

ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Nella tabella seguente vengono riportati i carichi e i relativi coefficienti:

	Carichi (kN/m ²)	Coefficienti	Carichi combinati (kN/m ²)
G_1	0.10 kN/m ²	1.3	0.13
G_2	0.05 kN/m ²	1.5	0.08
G_K	0.50 kN/m ²	1.5	0.75
G_S	1.20 kN/m ²	1.5	1.80

Tabella57: Analisi dei carichi allo SLU

Per la verifica allo stato limite ultimo si considera la combinazione di carico più sfavorevole, che risulta essere:

$$P = 2.00 \text{ kN/m}^2$$

Si calcola ora il carico distribuito moltiplicando la combinazione di carico allo stato limite ultimo per la larghezza di influenza delle travi secondarie, pari a 2m.

$$P_0 = 4 \text{ kN/m}$$

Considerando il peso proprio della trave otteniamo:

$$q^* = P_0 + p = 4.31 \text{ kN/m}$$

Il momento massimo agente sulla trave risulta essere pari a 26.38kNm, ed è stato calcolato nel modo seguente:

$$M_{Ed} = q^* \cdot l^2/8$$

Il taglio massimo agente sulla trave risulta essere di 15.07kN, ed è stato calcolato nel seguente modo:

$$V_{Ed} = q^* \cdot l/2$$

Ora si effettua la verifica calcolando il momento massimo plastico a rottura e confrontandolo con quello calcolato con le precedenti condizioni di carico con la formula seguente:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

dove:

- W_{pl} è il modulo resistente plastico, che da prontuario risulta essere pari a 366 cm³
- f_{yk} è il limite di snervamento dell'acciaio, pari a 275 N/mm² per un acciaio S275
- γ_{M0} è il coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità, pari a 1.05

Applicando la formula sopra descritta, si calcola il momento massimo plastico a rottura della trave:

$$M_{c,Rd} = 96.01 \text{ kNm}$$

$$96.01 \text{ kNm} > 26.38 \text{ kNm}$$

VERIFICATO

La resistenza a taglio V_{Rd} viene calcolata secondo al

$$V_{c,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Per il profilo IPE240, l'area di taglio A_V risulta essere pari a 19.14cm², dunque si ha che:

$$V_{Rd} = 289.42 \text{ kN}$$

$$144.71 \text{ kN} > 15.07 \text{ kN}$$

VERIFICATO

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Il profilo scelto risulta un IPE240 con:

Altezza anima $h_i = 190.4 \text{ mm}$

Spessore anima $t_w = 6.2 \text{ mm}$

Rapporto $h_i/t_w = 30.71$

Con questo valore, verificiamo la classe della sezione sapendo che $\epsilon = 0.92$, allora $72 \cdot \epsilon = 66.24$.

$$30.71 < 66.24 \text{ classe 1}$$

Altezza piattabanda $b = 56.9 \text{ mm}$

Spessore piattabanda $t_f = 9.8 \text{ mm}$

Rapporto $b/t_f = 5.81$

Con questo valore, verificiamo la classe della sezione sapendo che $\epsilon = 0.92$, allora $9 \cdot \epsilon = 8.28$.

$$5.81 < 8.28 \text{ classe 1}$$

Dimensionamento travi primarie

Per il dimensionamento delle travi primarie si fa riferimento ad una luce pari a 7.5m, considerando il seguente schema strutturale:

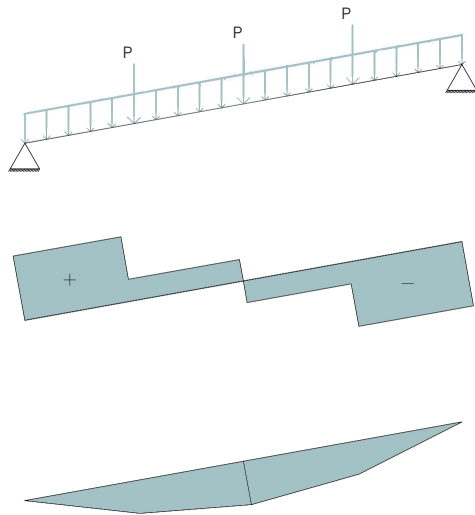


Figura47: Schema statico trave in appoggio-appoggio

ANALISI ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Consideriamo in questa fase il carico puntuale delle travi secondarie calcolato in precedenza, pari a:

$$P = 10.54\text{kN}$$

Per il dimensionamento si deve verificare il valore massimo di freccia pari a:

$$f_{\max} = l/350 = 21.4\text{mm}$$

Questo valore della freccia massima consente di prevenire fenomeni di svergolamento.

Per il calcolo della freccia è stato utilizzato il programma di calcolo ftool che consente di ottenere i valori di freccia massima una volta ipotizzata una sezione e i vari carichi applicati, nel nostro caso una IPE 300, avente un inerzia pari a 8356 cm⁴ ed un peso proprio pari a 0.42 kN/m.

Si procede ora alla verifica della freccia massima sul profilo scelto, tenendo conto dei carichi dovuti alle travi secondarie e il peso proprio della trave stessa:

$$f = 14.3\text{ mm}$$

$$14.3\text{mm} < 21.4\text{mm}$$

VERIFICATO

ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Consideriamo il carico dovuto puntuale dovuto alle travi secondarie, considerando la combinazione di carico più sfavorevole:

$$P = 15.09\text{kN}$$

Il momento massimo agente sulla trave risulta essere pari a 26.38kNm, mentre il taglio massimo agente sulla trave risulta essere di 15.07kNm, entrambi sono stati calcolati tramite il software ftool.

Ora si effettua la verifica calcolando il momento massimo plastico a rottura e confrontandolo con quello ottenuto nelle simulazioni:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

dove:

- W_{pl} è il modulo resistente plastico, che da prontuario risulta essere pari a 628 cm³
- f_{yk} è il limite di snervamento dell'acciaio, pari a 275 N/mm² per un acciaio S275
- γ_{M0} è il coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità, pari a 1.05

Applicando la formula sopra descritta, si calcola il momento massimo plastico a rottura della trave:

$$M_{c,Rd} = 164.58\text{ kNm}$$

$$58.8\text{ kNm} < 164.58\text{ kNm}$$

VERIFICATO

La resistenza a taglio V_{Rd} viene calcolata secondo al seguente formula:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Per il profilo IPE300, l'area di taglio A_V risulta essere pari a 25.68cm², dunque si ha che:

$$V_{Rd} = 388.31 \text{ kN}$$

$$72 \cdot \epsilon = 66.24.$$

$$23.8 \text{ kN} < 388.31 \text{ kN}$$

VERIFICATO

$$35.01 < 66.24 \text{ classe 1}$$

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Il profilo scelto risulta un IPE300 con:

Altezza piattabanda $b = 71.45 \text{ mm}$

Spessore piattabanda $t_f = 10.7 \text{ mm}$

Rapporto $b/t_f = 6.68$

Altezza anima $h_i = 248.6 \text{ mm}$

Spessore anima $t_w = 7.1 \text{ mm}$

Rapporto $h_i/t_w = 35.01$

Con questo valore, verifichiamo la classe della sezione sapendo che $\epsilon = 0.92$, allora

$$9 \cdot \epsilon = 8.28.$$

Con questo valore, verifichiamo la classe della sezione sapendo che $\epsilon = 0.92$, allora

$$6.68 < 8.28 \text{ classe 1}$$

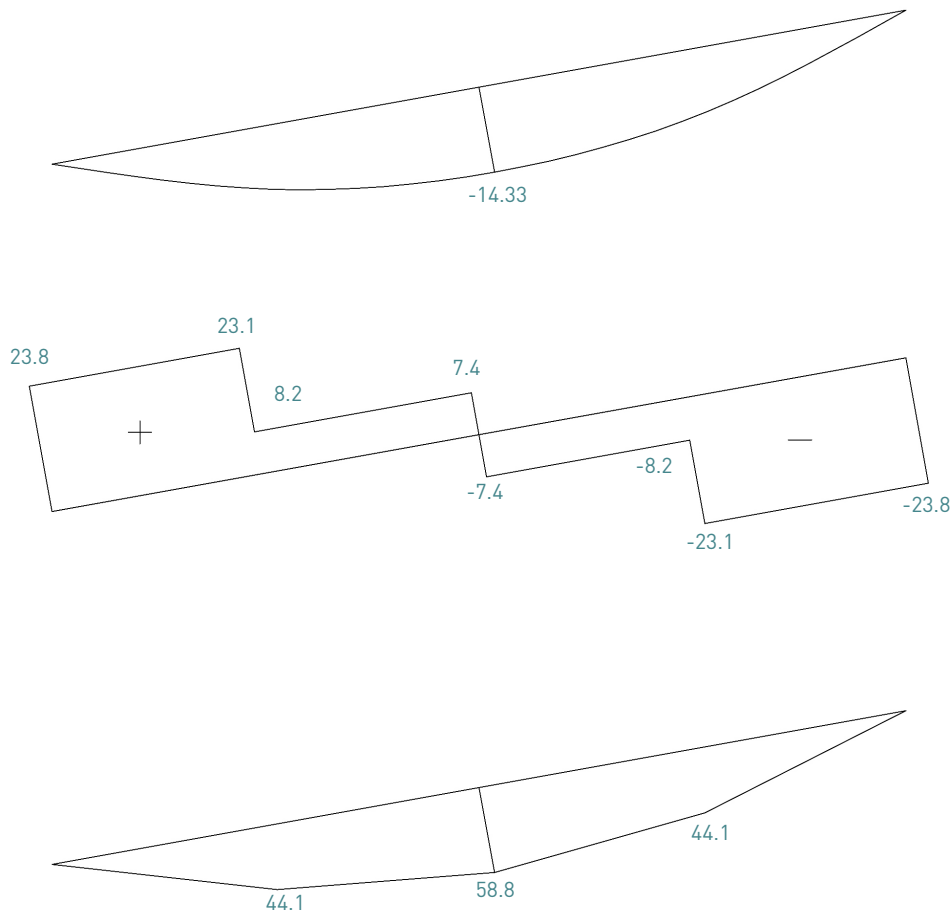


Figura48: Valori deformazioni (mm) allo stato limite di esercizio e di taglio (kN) e momento (kNm) allo stato limite ultimo

DIMENSIONAMENTO PILASTRI

Per l'analisi dei pilastri sono stati considerati, nella prima fase i pilastri di sostegno delle piastre in calcestruzzo, caratterizzati da carichi maggiori e di conseguenza una maggiore sezione. In seguito si è approfondita l'analisi dei pilastri della copertura, i quali saranno caratterizzati da una minore sezione e dovranno essere verificati rispetto agli sforzi orizzontali data l'assenza dei controventi in copertura.

Per entrambi le analisi sono stati considerati i pilastri maggiormente sollecitati, nel primo caso abbiamo considerato i pilastri aventi un'area di influenza maggiore e caratterizzati da maggiori valori di carico. Nell'analisi dei pilastri della copertura sono stati considerati i pilastri caratterizzati da una maggiore lunghezza e quindi caratterizzati da una maggiore instabilità.

PILASTRI INTERNI

È stato considerato il pilastro maggiormente caricato, che corrisponde al pilastro del primo impalcato. I carichi sono stati calcolati considerando un'area $7,40 \times 7,40 \text{ m}^2$ per il primo impalcato e di $5,35 \times 7,40 \text{ m}^2$ per il secondo. Dati i grandi carichi presenti in corrispondenza dei pilastri si è deciso di utilizzare una soluzione mista costituita da un tubolare in acciaio al cui interno è presente del calcestruzzo armato. L'armatura longitudinale è stata calcolata utilizzando i valori minimi prevista dalle NTC 2018.

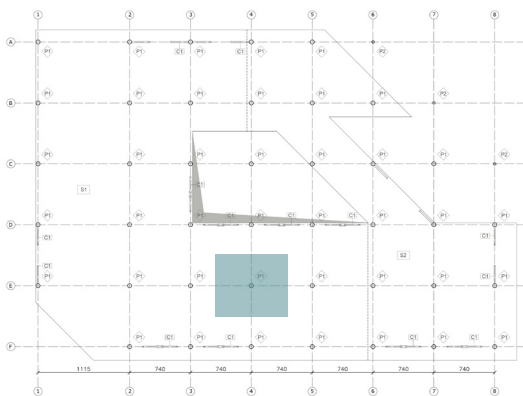


Figura49: Identificazione dei pilastri sul primo impalcato

Per la verifica dei pilastri è stato considerato la compressione allo stato limite di esercizio (SLE) e ultimo (SLU), inoltre è stata verificata l'instabilità allo stato limite di esercizio (SLE). In questa prima analisi saranno prevalenti le prime due verifiche, al contrario, considerando la lunghezza di libera inflessione dei pilastri della copertura, risulterà centrale l'instabilità di questi elementi.

DEFINIZIONE DEI CARICHI

Per il calcolo il calcolo dell'area d'influenza è stata considerata metà della distanza della maglia strutturale. Calcoliamo in questo modo le area di influenze dei rispettivi impalcati:

$$I - A_i = 7,40 \times 7,40 \text{m}^2 = 54,76 \text{m}^2$$

$$II - A_i = 5,35 \times 7,40 \text{m}^2 = 39,59 \text{m}^2$$

Nella seguente tabella vengono riassunti i carichi applicati al pilastro, considerandone la combinazione allo stato limite di esercizio (SLE) e allo stato limite ultimo (SLU).

Per i carichi variabili (q_k) viene adottato un coefficiente di riduzione q_a^{31} , dovuto alla poca probabilità di avere affollamento contemporaneamente ad ogni piano:

$$q_a = 5/7 \cdot \Psi_0 + (A_0/A) \leq 1$$

dove:

Ψ_0 dipende dalla destinazione d'uso, i valori vengono riportati nella tabella successiva

A_0 valore costante pari a 10m^2

A corrisponde all'area d'influenza del pilastro

Destinazione d'uso	Ψ_0
A: domestica, residenziale	0.7
B: uffici	0.7
C: sale congressi	0.7
D: aree commerciali	0.7
E: magazzini	1.0
F: aree trafficate (<30kN)	0.7
G: aree trafficate (<160kN)	0.7
H: coperture	0

Tabella58: Valori di Ψ_0

DIMENSIONAMENTO DELLA SEZIONE

Per il dimensionamento della sezione si considera il pilastro inferiore e il carico N gravante su di esso, corretto tramite il coefficiente γ_f ottenuto dalla combinazione di carico:

$$N_{Ed} = N \cdot \gamma_f = 1037.33 \cdot 1.37 = 1424.02 \text{kN}$$

Successivamente si calcola l'area di calcestruzzo necessaria:

$$A_c' = N_{Ed} / f_{cd} = 1424 / 14.2 = 1002 \text{cm}^2$$

dove $f_{cd} = 14.2 \text{N/mm}^2$.

Si è considerato un pilastro di 40cm di diametro avente un'area di $1256,64 \text{cm}^2$, verificando successivamente il pilastro considerando il suo stesso peso.

$$A_c = 1256.64 \text{cm}^2$$

CARICHI	TIPOLOGIA	VALORE [kN/m ²]	SLE [kN]	SLU [kN]
G1	1° solaio	7.43	406.87	528.93
	2° solaio	5.78	228.83	297.48
G2	1° solaio	1.25	68.45	102.68
	2° solaio	0.88	34.84	52.26
G1+G2+QK	copertura	-	38.17	53.97
QK	1° solaio	3	111.71	167.57
	2° solaio	5	148.46	222.69
TOTALE			1037.33	1425.57

Tabella59: Definizione dei carichi applicati

DIMENSIONAMENTO ARMATURE

Per il dimensionamento delle barre longitudinali di armatura si è fatto riferimento alle NTC2018, che prevede l'utilizzo di barre di almeno 12mm e con interrassi inferiore a 300mm. Inoltre vi sono i seguenti valori minimi da considerare:

- limite geometrico: $A_s > 0.3\% A_c = 380\text{mm}^2$
 - limite meccanico: $A_s > 0.1 N_{Ed}/f_{yd} = 375\text{mm}^2$
 - limite tecnologico: $A_s > A_{\min} = 452\text{mm}^2$
- dove A_{\min} equivale all'area di 4phi12.

Per rispettare i requisiti minimi ed avere un buon posizionamento delle barre all'interno del pilastro si è scelto di utilizzare 12phi12, caratterizzati da un'area di:

$$A_s = 1356 \text{ mm}^2$$

Per la verifica allo stato limite di esercizio (SLE) si è calcolata l'area di calcestruzzo omogeneizzata mediante la seguente formula:

$$A_{ie} = A_c + 12 \cdot A_s = 146003 \text{ mm}^2$$

Infine si determina la tensione di compressione agente sul pilastro:

$$\sigma_c = F_k/A_{ie} = 7.3 \text{ N/mm}^2$$

Il pilastro è verificato se la suddetta tensione risulta inferiore a $0.6 \cdot f_{ck}$ (15 N/mm²).

$$7.3 \text{ N/mm}^2 < 15 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICATO

Per la verifica allo stato limite ultimo (SLU) si confronta il carico massimo agente sul pilastro (N_{Ed}) con il carico massimo sopportabile dall'elemento (N_{Rd}), che risulta:

$$N_{Rd} = A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 2314.62 \text{ kN}$$

dove:

- f_{cd} è la resistenza di progetto a compressione
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto

$$\gamma = N_{Rd}/N_{Ed} > 1$$
$$1.58 > 1$$

VERIFICATO

PILASTRI COPERTURA

La copertura dell'edificio è caratterizzata da pilastri in acciaio aventi differenti lunghezze, per il dimensionamento abbiamo considerato un pilastro standard centrale e un pilastro posto ad est dell'edificio per verificarne i possibili problemi dovuti all'instabilità a causa della maggiore lunghezza. Per garantire snellezza alla struttura si è deciso di limitare al minimo la sezione dei pilastri, utilizzando sezioni circolari cave in acciaio.

Pilastro centrale

Il pilastro centrale è caratterizzato da una lunghezza pari a 7 metri. Dall'analisi dei carichi della copertura e dal dimensionamento delle travi possiamo ottenere l'azione di compressione (N) agente sul pilastro che risulta essere la somma dei tagli delle travi. La risultante delle azioni è:

$$N_{Ed} = 125.37 \text{ kN}$$

Ponendo N_{Ed} uguale all'azione assiale N_{Rd} , possiamo dimensionare l'elemento strutturale determinando l'area minima utilizzando la seguente formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

L'area resistente risulta essere pari 478.69 mm^2 , a cui corrisponde un profilo in acciaio a sezione circolare di 273 mm di diametro, caratterizzato da un'area pari a 5280 mm^2 . Nonostante il pilastro risulti sovradimensionato per quanto riguarda l'azione assiale, il fattore limitante risulta essere l'inerzia della sezione che caratterizza il comportamento e la stabilità del profilo.

VERIFICA STABILITÀ DEL PROFILO

Per la verifica della stabilità si deve verificare che l'azione resistente sia maggiore dell'azione agente, nella seguente tabella verranno riportati tutti i valori utili ai fini della verifica.

Modulo elastico - E	2.1×10^{11}	N/m ²
Momento d'inerzia - I	4696	cm ⁴
Altezza - L	7	m
Area lorda - A	52.8	cm ²
Carico di snervamento - f_{yk}	275	N/mm ²
Fattore d'imperfezione - α	0.21	-
Coefficiente di sicurezza - γ_{M0}	1.05	-

Tabella60: Valori utilizzati per la verifica a stabilità

Per la verifica si procede al calcolo del carico critico tramite la seguente formula:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Si calcola poi la snellezza della sezione:

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

Si ricava in seguito ϕ :

$$\phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

dove il valore del parametro α è ricavato a partire dalla tabella 61.

Si ricava il valore di χ dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

calcolando infine il valore dell'azione resistente pari a:

$$N_{Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0} = 1054.5 \text{ kN} > N_{Ed}$$

VERIFICATO

Sezione trasversale	Limiti	S 275
	formate a caldo	a
Sezioni cave	formate a freddo	c
Curve d'instabilità	a	c
Fattore α	0.21	0.49

Tabella61: Curva d'instabilità per sezioni cave

Pilastro laterale

Il pilastro centrale è caratterizzato da una lunghezza pari a 12 metri. Dall'analisi dei carichi della copertura e dal dimensionamento delle travi possiamo ottenere l'azione di compressione (N) agente sul pilastro che risulta essere la somma dei tagli delle travi. La risultante delle azioni è:

$$N_{Ed} = 125.37 \text{ kN}$$

Ponendo N_{Ed} uguale all'azione assiale N_{Rd} , possiamo dimensionare l'elemento strutturale determinando l'area minima utilizzando la seguente formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

L'area resistente risulta essere pari 478.69 mm², a cui corrisponde un profilo in acciaio a sezione circolare di 273 mm di diametro, caratterizzato da un'area pari a 5280 mm². Nonostante il pilastro risulti sovradimensionato per quanto riguarda l'azione assiale, il fattore limitante risulta essere l'inerzia della sezione che caratterizza il comportamento e la stabilità del profilo.

VERIFICA STABILITÀ DEL PROFILO

Per la verifica della stabilità si deve verificare che l'azione resistente sia maggiore dell'azione agente, nella seguente tabella verranno riportati tutti i valori utili ai fini della verifica. Avendo la stessa sezione dei pilastri precedenti ma una lunghezza maggiore, è importante verificare la stabilità del profilo scelto.

Modulo elastico - E	2.1x10 ¹¹	N/mm ²
Momento d'inerzia - I	4696	cm ⁴
Altezza - L	12	m
Area lorda - A	52.8	cm ²
Carico di snervamento - f_{yk}	275	N/mm ²
Fattore d'imperfezione - α	0.21	-
Coefficiente di sicurezza - γ_{M0}	1.05	-

Tabella62: Valori utilizzati per la verifica a stabilità

Per la verifica si procede al calcolo del carico critico tramite la seguente formula:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Si calcola poi la snellezza della sezione:

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

Si ricava in seguito ϕ :

$$\phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

dove il valore del parametro α è ricavato a partire dalla tabella 63.

Si ricava il valore di χ dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

calcolando infine il valore dell'azione resistente pari a:

$$N_{Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0} = 535.11 \text{ kN} > N_{Ed}$$

VERIFICATO

Sezione trasversale	Limiti	S 275
Sezioni cave	formate a caldo	a
	formate a freddo	c
Curve d'instabilità	a	c
Fattore α	0.21	0.49

Tabella63: Curva d'instabilità per sezioni cave

Pilastro passerella

Il pilastro centrale è caratterizzato da una lunghezza pari a 17 metri. Dall'analisi dei carichi della copertura e dal dimensionamento delle travi possiamo ottenere l'azione di compressione (N) agente sul pilastro che risulta essere la somma dei tagli delle travi. La risultante delle azioni è:

$$N_{Ed} = 125.37 \text{ kN}$$

Ponendo N_{Ed} uguale all'azione assiale N_{Rd} , possiamo dimensionare l'elemento strutturale determinando l'area minima utilizzando la seguente formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

L'area resistente risulta essere pari 478.69mm², a cui corrisponde un profilo in acciaio a sezione circolare di 273mm di diametro, caratterizzato da un'area pari a 5280mm². Nonostante il pilastro risulti sovradimensionato per quanto riguarda l'azione assiale, il fattore limitante risulta essere l'inerzia della sezione che caratterizza il comportamento e la stabilità del profilo.

VERIFICA STABILITÀ DEL PROFILO

Per la verifica della stabilità si deve verificare che l'azione resistente sia maggiore dell'azione agente, nella seguente tabella verranno riportati tutti i valori utili ai fini della verifica. Avendo la stessa sezione dei pilastri precedenti ma una lunghezza maggiore, è importante verificare la stabilità del profilo scelto.

Modulo elastico - E	2.1x10 ¹¹	N/mm ²
Momento d'inerzia - I	4696	cm ⁴
Altezza - L	17	m
Area lorda - A	52.8	cm ²
Carico di snervamento - f_{yk}	275	N/mm ²
Fattore d'imperfezione - α	0.21	-
Coefficiente di sicurezza - γ_{M0}	1.05	-

Tabella64: Valori utilizzati per la verifica a stabilità

Per la verifica si procede al calcolo del carico critico tramite la seguente formula:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Si calcola poi la snellezza della sezione:

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

Si ricava in seguito ϕ :

$$\phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

dove il valore del parametro α è ricavato a partire dalla tabella 65.

Si ricava il valore di χ dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

calcolando infine il valore dell'azione resistente pari a:

$$N_{Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_{yk}) / \gamma_{M0} = 287.29 \text{ kN} > N_{Ed}$$

VERIFICATO

Sezione trasversale	Limiti	S 275
Sezioni cave	formate a caldo	a
	formate a freddo	c
Curve d'instabilità	a	c
Fattore α	0.21	0.49

Tabella65: Curva d'instabilità per sezioni cave

VERIFICA DELLA COPERTURA A SFORZI ORIZZONTALI

Da un punto di vista architettonico si è deciso di avere nella piazza coperta solamente elementi verticali, evitando l'utilizzo di controventi a croce che avrebbero appesantito la struttura da un punto di vista visivo.

Per questo motivo la resistenza a sforzi orizzontali (sisma e vento) della copertura deve essere garantita dalla sola rigidità flessionale dei pilastri, che devono essere quindi progettati incastrati alla struttura della soletta.

Analisi dei carichi orizzontali

VENTO

Nei capitoli precedenti è stata eseguita un'analisi dettagliata del vento con l'obiettivo di ottenere il carico verticale in copertura, necessaria per il dimensionamento della stessa. Inoltre, si è ricavato il valore dell'azione orizzontale del vento sulla copertura, dovuto in particolare all'altezza e alla forma dell'edificio, ottenendo:

$$P = 618 \text{ Pa}$$

Questo valore per essere distribuito moltiplicato per la superficie colpita dal vento, ottenendo così il valore di spinta totale sulla copertura:

$$F_v = S \cdot P = 129.78 \text{ kN}$$

SISMA

In questo paragrafo viene riportato la trattazione del calcolo delle componenti orizzontali del sisma.

L'entità delle forze orizzontali si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T_1 e la loro distribuzione sulla struttura segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato. La forza da applicare a ciascuna massa della costruzione è data dalla formula:

$$F_i = \frac{F_h \cdot z_i \cdot W_i}{\sum z_j \cdot W_j}$$

dove:

$$F_h = S_{do}(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

W_i e W_j sono i pesi delle masse i e j

z_i e z_j sono le quote di i e j

$S_{do}(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto

W è il peso complessivo della costruzione

λ è pari ad 0.85 se la costruzione ha almeno 3 orizzontamenti

g è l'accelerazione di gravità

Per calcolare le forze orizzontali del sisma che agiscono ad ogni piano bisogna trovare la massa di ogni singolo piano e di conseguenza la massa complessiva dell'edificio (tabella 66).

Impalcato	Tipo di carico	Peso (kN/m²)	Peso totale (kN)
1	G1	7.43	12965
	G2	1.24	2164
	Q	4.00	6980
2	G1	5.89	10278
	G2	0.88	1536
	Q	5.00	8725
C	G1	0.50	873
	G2	0.05	87
	Q	1.20	2094
TOTALE			45701

Tabella66: Peso complessivo della struttura

Nota il peso totale dell'edificio è possibile calcolare il valore di F_h e, come illustrato nella seguente tabella, calcolare il valore della componente orizzontale sismica per ogni piano.

Interpiano	Quota [m]	Peso (kN)	F_i (kN)
1	5	22109	257
2	10	20538	479
C	16.5	3053	117

Tabella67: Distribuzione dei pesi

La risultante delle forze sulla copertura dovuto all'azione risulta:

$$F_s = 117 \text{ kN}$$

Nella verifica dei pilastri in copertura consideriamo la componente dovuta al vento, in quanto maggiore.

Per semplicità andremo a considerare la copertura come una struttura rigida, in grado di trasmettere ai pilastri gli sforzi dovuti al vento. La distribuzione della forza nei vari pilastri dipende dalla rigidezza degli stessi, nel caso in analisi, avendo tutte le sezioni uguali, dipende dall'altezza dei pilastri.

Andremo quindi a semplificare la copertura considerandola come un portale a più campate con le aste verticali incastrate.

Per la verifica considereremo quindi i pilastri maggiormente sollecitati, ovvero quelli con minore rigidità e valuteremo gli spostamenti della copertura, considerando un solo asse strutturale. Risulta quindi necessario ricalcolare la risultante della forze del vento considerando la corrispondente area d'influenza su cui agisce il vento:

$$F_v = PhL = 0.618 \text{ N/m}^2 \cdot 3\text{m} \cdot 7.4\text{m} = \mathbf{13.7 \text{ kN}}$$

Nella seguente tabella sono riportati le caratteristiche geometriche dei pilastri al fine di determinare la distribuzione della forza applicata, maggiore è la rigidezza del pilastro (pilastro più corto) e maggiore sarà la quota parte della forza F_v che agirà su di esso.

$$k_{vi} = \frac{3EI_i}{h}$$

Pilastro	Altezza pilastro [m]	Inerzia [cm ⁴]	Reazione sul pilastro [kN]
1	13.12	4696	1.65
2	8.12	4696	2.67
3	18.12	4696	1.20
4	8.12	4696	2.67
5	5.62	4696	3.86
6	13.12	4696	1.65

Tabella68: Distribuzione forza del vento sui diversi pilastri

$$F_i = F_v \cdot \frac{k_{vi}}{\sum k_{vi}}$$

La ripartizione dell'azione orizzontale è proporzionale alle rispettive rigidezze, maggiore è la rigidezza flessionale (EI) e minore è l'altezza, tanto maggiore sarà la rigidezza traslatoria (K_v) e maggiore sarà la quota parte di F_v che competerà a quel pilastro.

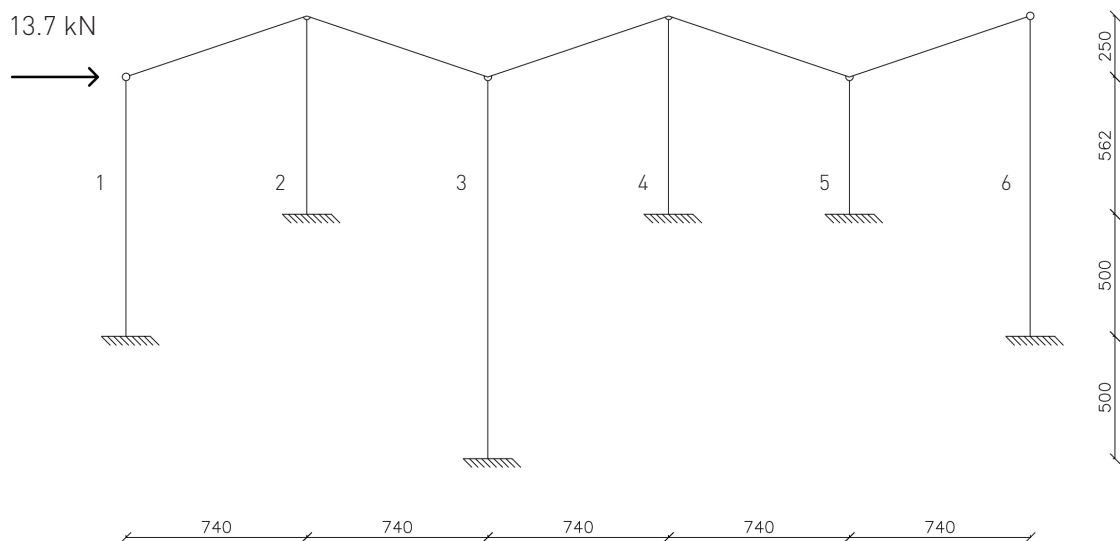


Figura50: Schema strutturale della copertura

Verifica pilastri

Per la verifica dei pilastri è stato considerato il pilastro di lunghezza maggiore, il quale sarà soggetto ad un spostamento superiore.

Di seguito viene riportato lo schema strutturale, costituito da un'asta incastrata caricata di un carico P posto all'estremo.

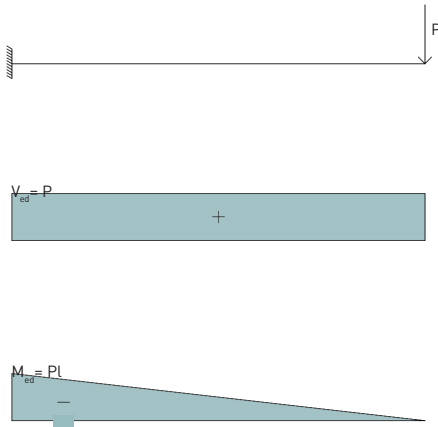


Figura51: Schema statico trave a mensola

Nel caso considerato il pilastro ha una lunghezza di 18.12 m ed il carico, dovuto all'azione del vento, è pari a:

$$P = 1.20 \text{ kN}$$

Si procede verificando il valore massimo di freccia del profilo scelto, che viene calcolato con la seguente formula:

$$f = Pl^3 / 3EI = 24.1 \text{ cm}$$

Considerando una freccia massima pari a

$$f_{\max} = l/500 = 3.6 \text{ cm}$$

il pilastro dimensionato precedentemente risulta essere non verificato.

Modulo elastico - E	2.1×10^{11}	N/m ²
Momento d'inerzia - I	4696	cm ⁴
Altezza - L	18.12	m
Spessore - s	6.3	mm
Diametro - D	273	mm

Tabella69: Caratteristiche del pilastro in acciaio

DIMENSIONAMENTO PILASTRO

Per la verifica dei pilastri più sollecitati le alternative proposte sono due: l'utilizzo di un profilo di dimensioni maggiori o l'utilizzo del medesimo profilo riempito con calcestruzzo armato.

Nonostante la prima opzione risulti semplificativa da un punto di vista operativo, per mantenere la medesima sezione per tutti i pilastri della copertura si è deciso di mantenere invariata la sezione dei profili e si è deciso di variare la tipologia di sezione.

Si è deciso, in prima battuta, di utilizzare un profilo in acciaio con uno spessore maggiore e un diametro superiore, che consente di incrementare l'inerzia del profilo riducendo gli spostamenti all'estremità.

Modulo elastico - E	2.1×10^{11}	N/m ²
Momento d'inerzia - I	21225	cm ⁴
Altezza - L	18.12	m
Spessore - s	16	mm
Diametro - D	339	mm

Tabella70: Caratteristiche del pilastro in acciaio

Si ottiene:

$$f = Pl^3 / 3EI = 5.3 \text{ cm}$$

Considerando una freccia massima pari a

$$f_{\max} = l/500 = 3.6 \text{ cm}$$

nonostante l'utilizzo di una sezione avente uno spessore maggiore non si raggiunge il limite imposto, risulta pertanto necessaria l'applicazione, dove necessario, di inserimenti di calcestruzzo armato all'interno dei pilastri più sollecitati.

Questo ci consente di ridurre al minimo gli spostamenti in copertura e allo stesso tempo comporta un aumento della robustezza dei pilastri.

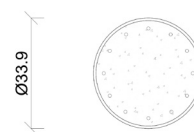


Figura52: Pilastro misto in acciaio e calcestruzzo

NOTE

1. <https://www.aib.it/aib/sezioni/emr/bibtime/num-xi-2/galluzzi.htm>
2. <https://www.abitare.it/it/architettura/progetti/2018/04/03/renzo-piano-fondazione-stavros-niarchos-atene-2/>
3. https://www.domusweb.it/it/architettura/2016/07/13/stavros_niarchos_foundation_cultural_centre_renzo_piano.html
4. <https://www.domusweb.it/it/notizie/2013/03/25/foster--partners-vieux-port.html>
5. <https://www.giardinaggio.it/appartamento/singolepiante/monstera/monstera.asp>
6. https://www.elicriso.it/it/come_coltivare/aspidistra/
7. DGR n. 3868 del 17 luglio 2015 "Disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici ed il relativo Attestato di Prestazione Energetica a seguito dell'approvazione dei Decreti Ministeriali per l'attuazione del decreto legislativo 192/2005
8. Decreto Min. Sanità 5/7/75
9. UNI 12464-1
10. <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager/understand-metrics/what-energy>
11. <https://ec.europa.eu/jrc/en>
12. UNI EN 15251/2008
13. <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/08/20/15A06189/sg>

14. Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M., 17/01/2018
15. Ibid.
16. Ibid.
17. Ibid.
18. Ibid.
19. Ibid.
20. Bubbledeck, "Il solaio senza travi", accessed November 23, 2019. <http://www.bubbledeck.it/>
21. Ibid.
22. Ibid.
23. Ibid.
24. Ibid.
25. Gambarova P. G., D. Coronelli, P. Bamonte. "Linee guida per la progettazione della piastre in c.a.", Pàtron, [2008]
26. Ibid.
27. Ibid.
28. Ibid.
29. Ibid.
30. Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M., 17/01/2018
31. Ibid.

RIFERIMENTI

- Estratto01: Localizzazione edificio principale - Tavola 24
- Estratto02: Overview - Tavola 30
- Estratto03: Concept - Tavola 32
- Estratto04: Esploso - Tavola 33
- Estratto05: Vista sud, ingresso biblioteca - Tavola 34
- Estratto06: Biblioteca piano terra - Tavola 35
- Estratto07: Biblioteca piano primo - Tavola 37
- Estratto08: Sezione della biblioteca - Tavola 44
- Estratto09: Vista interna della biblioteca - Tavola 45
- Estratto10: Uffici open space piano terra - Tavola 35
- Estratto11: Meeting room piano primo - Tavola 37
- Estratto12: Sezione degli uffici - Tavola 43
- Estratto13: Vista interna, corridoio sale meeting - Tavola 38
- Estratto14: Pianta piano primo - Tavola 37
- Estratto15: Vista ingresso est e passerella - Tavola 36
- Estratto16: Pianta piazza coperta - Tavola 39
- Estratto17: Vista piazza coperta - Tavola 40
- Estratto18: Prospetto ovest - Tavola 48

Estratto19: Sezione ambientale -Tavola 24

Estratto20: Moodboard finiture interne - Tavola 41

Estratto21: Moodboard finiture interne - Tavola41

Estratto22: Schematic deisgn- Stagione Invernale - Tavola 51

Estratto23: Schematic deisgn- Stagione Estiva- Tavola 52

Estratto24: Ottimizzazione delle falde della copertura- Tavola 53

Estratto25: Radiazione solare incidente sulla copertura in relazione all'apertura fra
le falde- Tavola 53

Estratto26: Radiazione solare incidente sulla copertura- Tavola 53

Estratto27: Pacchetto tecnologico- Tavola 53

Estratto28: Nodo copertura trasversale- Tavola 55

Estratto29: Nodo copertura longitudinale- Tavola 56

Estratto30: Pianta copertura- Tavola 54

Estratto31: Blowup secret garden- Tavola 60

Estratto32: Dettaglio lamelle in legno- Tavola 66

Estratto33: Blowup ristorante- Tavola 59

Estratto34: Schema analisi illuminotecnica - finestre- Tavola 71

Estratto35: Schema analisi illuminotecnica -schermatura esterna- Tavola 71

Estratto36: Schema analisi illuminotecnica -schermatura interna- Tavola 71

Estratto37: Schema analisi illuminotecnica -aggetto- Tavola 71

Estratto38: FLD Pianta piano terra- Tavola 72

Estratto39: FLD Pianta piano primo- Tavola 72

Estratto40: Simulazioni illuminanza - estate- Tavola 73

Estratto41: Simulazioni illuminanza - inverno- Tavola 73

Estratto42: Specifiche dei frangisole - Tavola 70

Estratto43: Blowup uffici - Tavola 58

Estratto44: Dettaglio movimentazione frangisole - Tavola 70

Estratto45: Assonometria buffer zone - Tavola 70

Estratto46: Bilancio energetico- zona termica 1 - Tavola 75

Estratto47: Bilancio energetico- zona termica 2 - Tavola 75

Estratto48: Bilancio energetico- zona termica 3 - Tavola 75

Estratto49: Analisi annuale - riscaldamento ventilazione e condizionamento dell'aria - Tavola 74

Estratto50: Analisi annuale - illuminazione e apparecchiature elettriche - Tavola 74

Estratto51: Posizionamento UTA - Tavola 76

Estratto52: Posizionamento cavedio impiantistico - Tavola 77

Estratto53: Distribuzione dei canali al piano primo - Tavola 78

Estratto54: Distribuzione dei canali al piano primo - Tavola 78
Estratto55: Vasca di raccolta delle acque meteoriche - Tavola 78
Estratto56: Distribuzione dei sistemi ad acqua nella zona open space - Tavola 78
Estratto57: Distribuzione dei sistemi ad acqua nella zona dei servizi - Tavola 78
Estratto58: Pianta piano primo - Tavola 80
Estratto59: Pianta piano terra - Tavola 79
Estratto60: Dettagli costruttivi - Tavola 86

Figura01: Idea Store, Londra
Figura02: Rampa fondazione Stravos
Figura03: Copertura Vieux Port
Figura04: Algoritmo per lo studio della radiazione
Figura05: Stratigrafia chiusura verticale ventilata
Figura06: Stratigrafia chiusura verticale ventilata
Figura07: Partizione verticale
Figura08: Partizione verticale con alloggiamento impianti
Figura09: Partizione verticale
Figura10: Dettaglio facciata continua
Figura11: Facciata continua
Figura12: Esempio di applicazione sistema AirCrab
Figura13: Stratigrafia chiusura orizzontale controterra
Figura14: Chiusura orizzontale controterra
Figura15: Partizione orizzontale - parquet
Figura16: Stratigrafia chiusura orizzontale controterra
Figura17: Chiusura orizzontale - copertura praticabile
Figura18: Dimensioni delle lastre in fibrocemento
Figura19: Schema della struttura della facciata ventilata
Figura20: Sistema di fissaggio lastra
Figura21: Chiusura orizzontale
Figura22: Chiusura orizzontale con verde praticabile
Figura23: Partizione orizzontale
Figura24: Partizione interna
Figura25: Partizione interna impiantistica
Figura26: Partizione interna insonorizzata
Figura27: Copertura esterna

Figura28: NTC 2018 carichi da neve e qsk
Figura29: Fasi di costruzione del BubbleDeck
Figura30: Flowchart del processo di calcolo della struttura
Figura31: Connettori a taglio HAFLEN HSD
Figura32: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 1°impalcato SX
Figura33: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul primo impalcato SX
Figura34: Sezione del 1°impalcato SX
Figura35: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 1°impalcato DX
Figura36: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul primo impalcato DX
Figura37: Sezione del 1° impalcato DX
Figura38: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 2° impalcato SX
Figura39: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul secondo impalcato SX
Figura40: Sezione del 2° impalcato SX
Figura41: Esploso strutturale con indicati i punti critici del 2° impalcato DX
Figura42: Risultati dell'analisi e distribuzione dei momenti m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} sul secondo impalcato DX
Figura43: Sezione del 2° impalcato DX
Figura44: Spaccato assonometrico copertura
Figura45: Assonometria degli elementi strutturali
Figura46: Schema statico trave in appoggio-appoggio
Figura47: Schema statico trave in appoggio-appoggio
Figura48: Valori deformazioni (mm) allo stato limite di esercizio e di taglio (kN) e momento (kNm) allo stato limite ultimo
Figura49: Identificazione dei pilastri sul primo impalcato
Figura50: Schema strutturale della copertura
Figura51: Schema statico trave a mensola
Figura52: Pilastro misto in acciaio e calcestruzzo

Tabella011: Valori per il calcolo della produzione FV
Tabella02: Predimensionamento UTA
Tabella03: Velocità consigliate per le condotte
Tabella04: Dimensionamento canali
Tabella05: Dimensionamento condotte di raccordo
Tabella06: Massime lunghezze d'esodo

Tabella07: Proprietà degli stati della chiusura orizzontale

Tabella08: Proprietà degli strati della chiusura orizzontale con verde praticabile

Tabella09: Proprietà degli strati della partizione orizzontale

Tabella10: Proprietà degli stati della partizione interna

Tabella11: Proprietà degli strati della partizione interna impiantistica

Tabella12: Proprietà degli strati della partizione interna insonorizzata

Tabella13: Proprietà degli strati della copertura esterna

Tabella14: NTC 2018 carichi variabili

Tabella15: NTC 2018 forma della copertura

Tabella16: NTC 2018 coefficiente di esposizione

Tabella17: Definizione delle categorie d'esposizione

Tabella18: Classi d'esposizione rispetto al sito

Tabella19: Definizione coefficienti C_p

Tabella20: Caratteristiche dei solai in BubbleDeck

Tabella21: Carichi e spessori dei vari impalcati

Tabella22: Analisi degli spostamenti del primo impalcato SX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Tabella23: Analisi degli spostamenti del primo impalcato DX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Tabella24: Analisi degli spostamenti del secondo impalcato SX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Tabella25: Analisi degli spostamenti del secondo impalcato DX, analisi agli stati limiti di esercizio e ultimo (SLE e SLU)

Tabella26: 1° impalcato SX, risultati dell'analisi strutturale

Tabella27: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

Tabella28: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Tabella29: Valori di armatura nella parte inferiore

Tabella30: Valori di armatura nella parte superiore

Tabella31: Proprietà delle reti elettrosaldate

Tabella32: 1° impalcato DX, risultati dell'analisi strutturale

Tabella33: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti

Tabella34: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti

Tabella35: Valori di armatura nella parte inferiore

Tabella36: Valori di armatura nella parte superiore

Tabella37: Proprietà delle reti elettrosaldate

Tabella38: 2° impalcato SX, risultati dell'analisi strutturale

Tabella39: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti
Tabella40: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti
Tabella41: Valori di armatura nella parte inferiore
Tabella42: Valori di armatura nella parte superiore
Tabella43: Proprietà delle reti elettrosaldate
Tabella44: 2° impalcato DX, risultati dell'analisi strutturale
Tabella45: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte inferiore e relativi momenti resistenti
Tabella46: Valori di m_{xx} , m_{yy} e m_{xy} per la parte superiore e relativi momenti resistenti
Tabella47: Valori di armatura nella parte inferiore
Tabella48: Valori di armatura nella parte superiore
Tabella49: Proprietà delle reti elettrosaldate
Tabella50: Proprietà geometriche delle piastre
Tabella51: Proprietà dei materiali utilizzati
Tabella52: Carichi applicati
Tabella53: Analisi dei carichi
Tabella54: Coefficienti riduttivi utilizzati
Tabella55: Tabelle per il dimensionamento
Tabella56: Analisi dei carichi allo SLE
Tabella57: Analisi dei carichi allo SLU
Tabella58: Valori di Ψ_0
Tabella59: Definizione dei carichi applicati
Tabella60: Valori utilizzati per la verifica a stabilità
Tabella61: Curva d'instabilità per sezioni cave
Tabella62: Valori utilizzati per la verifica a stabilità
Tabella63: Curva d'instabilità per sezione cave
Tabella64: Valori utilizzati per la verifica a stabilità
Tabella65: Curva d'instabilità per sezioni cave
Tabella66: Peso complessivo della struttura
Tabella67: Distribuzione dei pesi
Tabella68: Distribuzione forza del vento sui pilastri
Tabella69: Caratteristiche del pilastro in acciaio
Tabella70: Caratteristiche del pilastro in acciaio

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

“Abbiamo bisogno [...] di un cambiamento di sistema per salvare il nostro pianeta”

Louis Cueit

IMPATTO DELLA MOBILITÀ ELETTRICA

Le simulazioni effettuate nel secondo capitolo consentono l'analisi dei consumi energetici negli edifici a destinazione residenziale presenti nel masterplan, riferendosi alla scala dell'edificio. Queste analisi consentono lo studio del surplus che è possibile ottenere e, successivamente, destinare alla ricarica dei mezzi di trasporto elettrici; nel caso in analisi si prevede l'applicazione di PODS elettrici a guida autonoma.

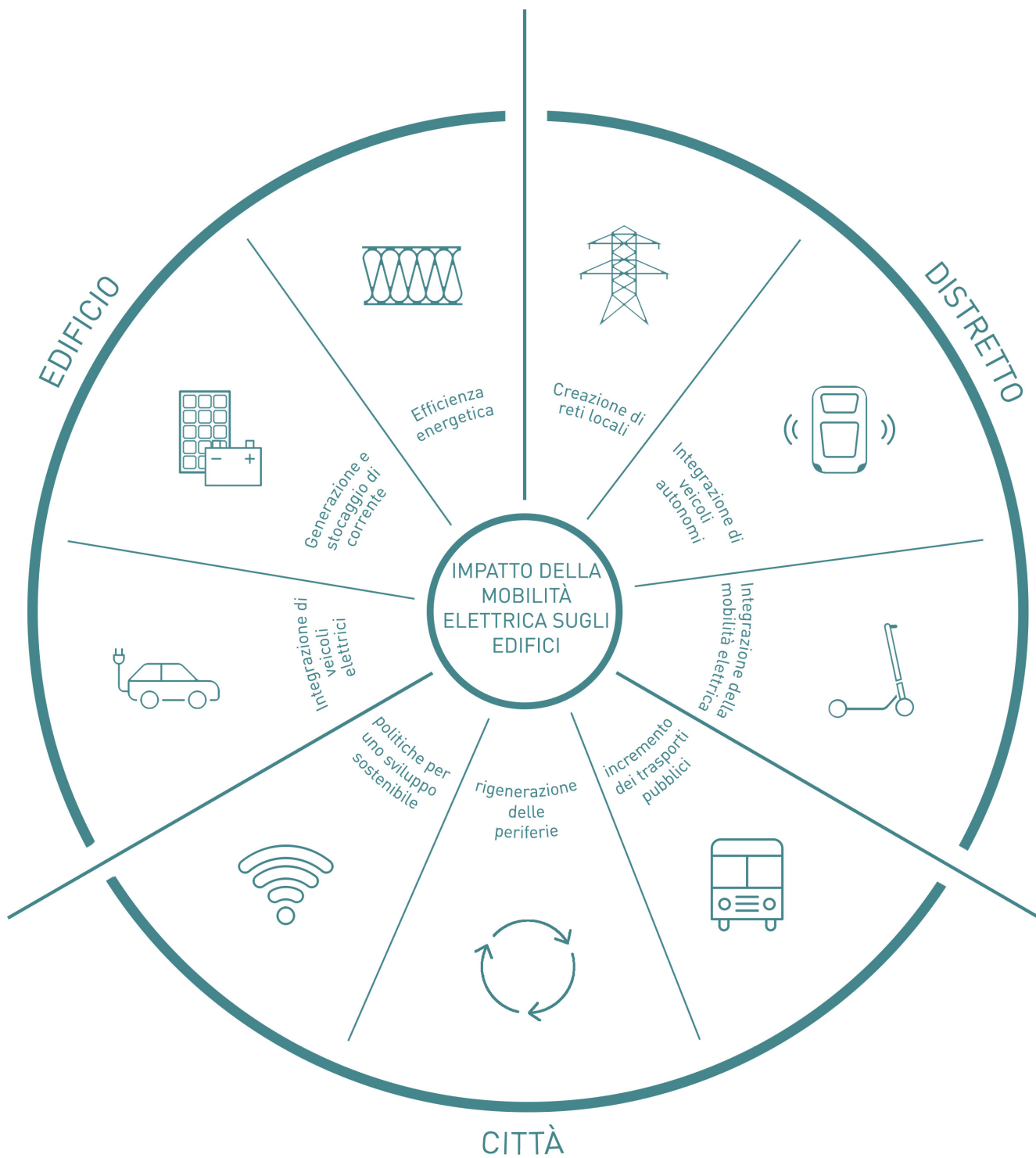
Il progetto Trespassing prevede, inoltre, lo sviluppo di due ulteriori scale di approfondimento: una a livello di distretto e una urbana.

Distretto

A questa scala vengono riprese le considerazioni precedenti, estendendole all'area di progetto, dove il nodo centrale è la creazione di una rete locale che consenta l'interazione energetica fra gli edifici residenziali del masterplan e l'edificio oggetto di tesi.

Anche a questa scala viene previsto lo sviluppo di sistemi di mobilità elettrica a guida autonoma (PODS), insieme ad un sistema di mobilità condivisa costituita da monopattini e e-bike. Si ottiene così un'aggregazione delle richieste energetiche fra i vari soggetti consumatori e produttori del masterplan. Questo consente la creazione di una microgrid in cui gli edifici residenziali possono, in caso di necessità, garantire surplus all'Idea Store caratterizzato da un'efficienza energetica minore o da periodi di utilizzo in cui il surplus non è garantito.

In ottica futura, l'incremento del volume di auto elettriche rappresenta un elemento cardine per l'efficienza del sistema, infatti esse richiedono un consumo maggiore di energia elettrica in sito consentendo il pieno utilizzo dell'energia in eccesso ed evitando la sua reimmersione in rete. Inoltre, la presenza di macchine elettriche all'interno del bilancio energetico può essere sfruttata per lo stoccaggio temporaneo dell'energia elettrica, utilizzando le batterie delle singole



Estratto01: Schema d'impatto della mobilità elettrica

auto. In quest'ottica le auto elettriche non verranno considerate solamente come soggetti consumatori di energia elettrica ma anche come elementi di stoccaggio e di trasferimento di corrente, incrementando quindi l'efficienza nell'utilizzo delle energie rinnovabili.

Nello schema sono evidenziati gli aspetti principali che intervengono a questa scala, risultano di fondamentale importanza i sistemi di trasporto condivisi e elettrici.

SCALO DI PORTA ROMANA

Nell'ambito oggetto di tesi è prevista la creazione di un quartiere di nuova edificazione, in cui il controllo delle caratteristiche energetiche degli edifici risulta facilmente applicabile e in ottica futura può rappresentare un valido esempio applicativo di questa strategia energetica. Infatti, nelle analisi urbanistiche si è riscontrato come la città di Milano presenti numerose aree caratterizzate da un forte sviluppo urbanistico (es. rigenerazione degli scali ferroviari) in cui è prevista la creazione di quartieri ex-novo.

QUARTIERI ESISTENTI

Nello sviluppo del progetto Trespassing è prevista la possibile applicazione a quartieri esistenti. Questa operazione consentirebbe il recupero di aree periferiche caratterizzate da tecnologie costruttive limitate, necessitando però di opere di retrofitting per migliorare l'efficienza energetica degli edifici esistenti ed ottenere un surplus.

Città

La tesi sviluppa principalmente i temi legati alla scala dell'edificio e alla creazione di una microgrid che consenta l'integrazione fra diversi edifici a livello di distretto.

Un ulteriore livello di analisi considera, approfondendone gli aspetti qualitativi, la scala della città nel suo insieme.

A questo livello risultano fondamentali gli interventi a livello urbanistico con

la rigenerazione delle aree periferiche e lo sviluppo dei trasporti pubblici elettrici, migliorando le reti esistenti ed incrementandole dove necessario.

Gli interventi a questa scala necessitano, inoltre, del supporto della pubblica amministrazione (Comune, Regione,...) che favorisca la diffusione di nuove tecnologie e supporti lo sviluppo di progetto di intervento locale.

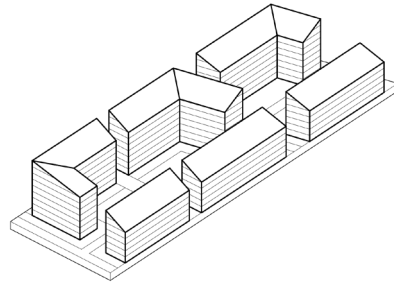
ANALISI DEGLI SCENARI

COMUNITÀ ENERGETICA

Ripercorrendo le analisi effettuate nell'ambito dello studio iniziale di e-City, riferito al progetto Trespassing, vengono di seguito riportate delle simulazioni conclusive relative a dei possibili scenari di utilizzo del surplus elettrico generato dagli impianti di produzione installati sugli edifici. Per questo sono stati considerati tre differenti scenari in relazione a diverse configurazioni di comunità energetica. La forza di questa comunità è basata sulla condivisione dell'energia fra i diversi elementi del blocco urbano, chiamato appunto e-share, con l'obiettivo di incrementare l'efficienza del complesso. A questo livello vengono quindi considerati i valori ottenuti dalle analisi iniziali e dalle relative ottimizzazioni per quanto riguarda gli edifici residenziali del masterplan, mentre per quanto riguarda l'edificio principale viene

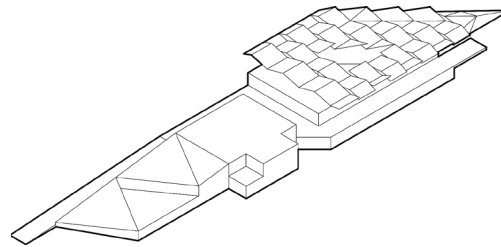
considerata l'analisi energetica eseguita. Le configurazioni che sono state analizzate sono le seguenti. La prima, considera il blocco urbano tipo, ottenuto dalle simulazioni effettuate nel capitolo di e-city. La seconda tiene conto unicamente dell'edificio progettato nel capitolo relativo all'idea store. La terza configurazione rappresenta l'unione dei primi due, andando ad identificare un modello di comunità applicabile all'interno del tessuto urbano. La finalità di queste simulazioni in relazione a dimensioni ed edifici differenti è quella di ottenere dei valori di riferimento per delineare una o più configurazioni "standard" da poter applicare alle analisi a scala locale. La comunità energetica considererà quindi non solo edifici di nuova costruzione ma, come avvenuto nel progetto Trespassing, anche edifici facenti parte del patrimonio edilizio esistente.

BLOCCO URBANO



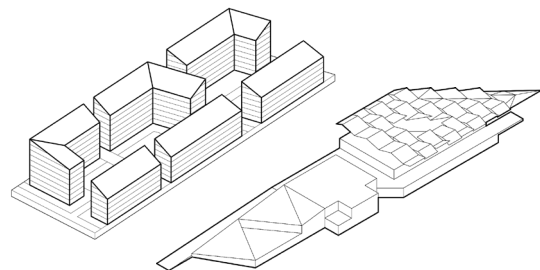
Estratto02: Blocco urbano tipo

IDEA STORE



Estratto03: Idea store

e-SHARE



Estratto04: Comunità energetica tipo

L'integrazione della mobilità elettrica, che sia essa condivisa o privata, necessita della creazione di infrastrutture destinate all'integrazione fra mobilità ed edificio.

Le strategie adottate, sia a livello di edificio che a scala maggiore, mirano all'incremento dell'indipendenza dalla rete elettrica, per quanto riguarda l'energia in entrata e in uscita, riducendone lo stress causato dalla reimmissione di energia nella rete.

Gli scenari sulle quali sono state effettuate le simulazioni sono stati ipotizzati tenendo conto dei recenti sviluppi riguardanti le tecnologie energetiche e la mobilità elettrica.

BASELINE

Vengono considerati solamente i valori di produzione e consumo

Il primo scenario rappresenta il parametro da utilizzare come "base" per le successive simulazioni. La strategia prevede di considerare i valori di fabbisogno energetico dell'edificio per quanto riguardano i consumi. In relazione alla produzione di energia elettrica, si divide in: energia istantaneamente utilizzata e quella immagazzinata nelle batterie di stoccaggio dell'edificio.. La differenza tra la produzione e il consumo rappresenta il surplus di energia disponibile. Questo scenario mira ad analizzare nel dettaglio l'aspetto energetico dell'edificio, studiandone la possibile generazione di surplus.

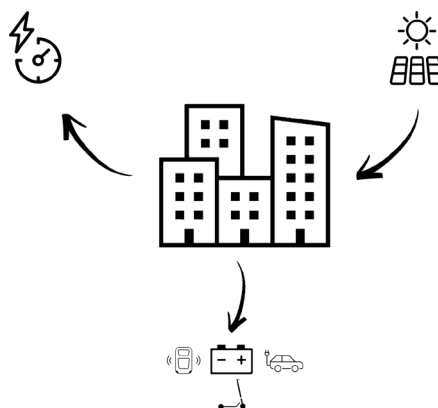


Estratto05: Schema baseline

EURO 2030 e RICARICA MOBILITÀ ELETTRICA

In questo scenario viene introdotto nel consumo l'energia relativa alla mobilità elettrica

In questo scenario entra in gioco il contributo della mobilità elettrica nell'utilizzo dell'energia in surplus generata dagli edifici. Per avere una visione generale sul mercato delle auto elettriche e per cercare di ottimizzare al meglio i valori di produzione e consumo è stato introdotto nello scenario la previsione effettuata da Cambridge Analytica¹ sull'utilizzo della mobilità elettrica nel 2030. Si è considerato quindi che il 23% della mobilità sia effettuata utilizzando veicoli elettrici. È stato quindi inserito nella colonna del consumo la quota parte di energia da destinare alla ricarica della mobilità elettrica.

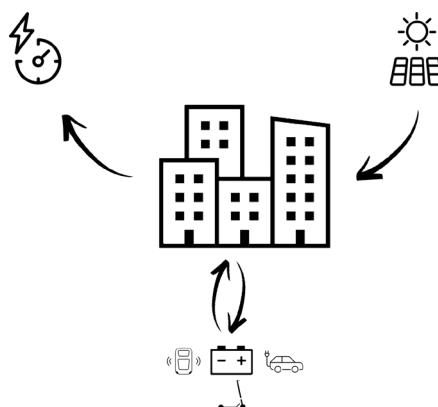


Estratto06: Schema Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica

GESTIONE PICCHI E AUTO - BATTERIA

La mobilità elettrica entra a far parte della produzione in quanto le batterie delle auto e dei pods andranno ad alimentare l'edificio

L'ultimo scenario rappresenta un'ottimizzazione delle energie in gioco nel bilancio dei vari scenari di comunità. Nell'ottica di contenere l'energia immessa nella rete, la quale causa delle problematiche di gestione dei picchi dovuti al sovraccarico della rete, si introduce una futura ipotesi di gestione della corrente in entrata nella rete. Le batterie delle auto diventano attore principale in questo scenario. Esse verranno utilizzate, durante le ore centrali del giorno, per alimentare il fabbisogno degli edifici, offrendo quindi un ulteriore contributo allo stoccaggio di energia elettrica. Lo scambio di corrente consentirà quindi il regolare utilizzo delle funzioni dell'edificio e il mantenimento e/o caricamento delle batterie delle auto.



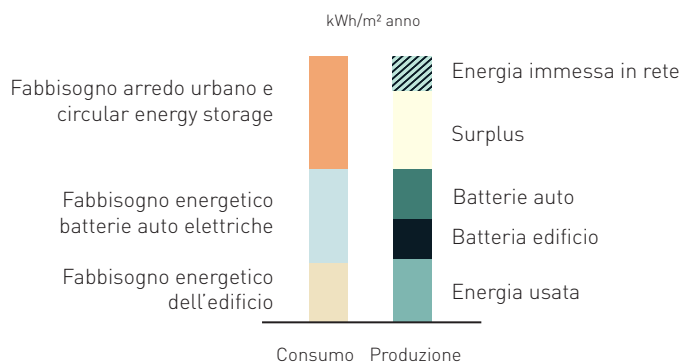
Estratto07: Schema gestione picchi e auto - batteria

Le simulazioni relative alle configurazioni viste in precedenza vengono quindi analizzate per ogni strategia. I grafici seguenti rappresentano i valori in kWh/m² anno di produzione e di consumo di ogni caso preso in esame. Le simulazioni sono state effettuate utilizzando il software DesignBuilder il quale fornisce un'analisi in regime dinamico della situazione energetica. Le componenti che vanno a formare la colonna dei consumi rappresentano i vari fabbisogni che, nella prima simulazione, l'edificio necessita per il suo funzionamento mentre, per le successive, quello da destinare alla ricarica delle auto elettriche e al funzionamento dell'arredo urbano oltre alla ricarica delle batterie destinate alla circular energy storage. L'intera colonna raffigurante la produzione rappresenta la quantità di energia che viene prodotta per mezzo dei sistemi fotovoltaici installati. Questa, viene divisa in: energia immediatamente utilizzata dall'edificio per il suo funzionamento ed energia immagazzinata in batterie per sopperire alla richiesta di energia in periodi nel quale la produzione è inferiore al consumo. Viene considerata una parte di energia da immettere nella rete, ottimizzata nelle simulazioni in modo tale da evitare picchi di immissione e conseguenti problemi sulla rete elettrica. Si considera, per lo scenario finale riguardante la strategia auto-batterie, la possibilità di utilizzare energia proveniente dalle auto in sosta negli spazi adiacenti l'edificio. Per ultimo viene riportato il surplus ricavato dalla semplice differenza tra consumo e produzione, il

quale verrà destinato all'alimentazione dell'arredo urbano e del concetto di circular energy storage. Di seguito viene riportata una legenda che riporta graficamente i concetti sopra spiegati.

EURO 2030

Nello scenario attuale, in Europa, la maggior parte della mobilità si serve di energia basata su fonti petrolifere per alimentarsi. Auto private e trasporti pubblici, trasporto di merci su gomma, navi, aerei sono alcuni dei soggetti che compongono lo scenario della mobilità mondiale. Il consumo di energia proveniente dal petrolio, oltre ad un inquinamento atmosferico non trascurabile, incide in maniera negativa sul bilancio economico europeo. L'Europa prevede che la transizione da una mobilità "petroleum-based" ad una elettrica porterà un miglioramento economico in quanto, l'energia elettrica, potrà essere prodotta all'interno dell'unione, eliminando tasse e costo della materia prima dovuta all'importazione dell'oro nero da stati extra UE². Il passaggio, secondo alcuni studi, creerà nuovi posti di lavoro in quanto l'elettrificazione della mobilità necessita dello sviluppo di varie infrastrutture quali colonnine di ricarica, nuove infrastrutture per la produzione di energia rinnovabile. Dato lo sviluppo di vari settori, si calcola che la differenza tra nuovi posti di lavoro e posti di lavoro persi nel mercato petrolifero sia positiva³. Come già accennato, la questione non è solo economica ma anche ambientale;



Estratto08: Legenda grafici consumo e produzione

l'aumento dei livelli di CO₂ è argomento attuale e sempre più considerato nella politica economica e di sviluppo dei vari stati. Nel 2016, il 27% della CO₂ prodotta in Europa deriva dalla mobilità⁴, diventando uno dei soggetti principali del panorama di inquinamento mondiale. Attualmente, la mobilità elettrica sta influenzando sempre più il mercato automobilistico, grazie ad alcune scelte politiche che incentivano l'acquisto di vetture ad alimentazione elettrica. Il 2019 ha visto l'immatricolazione di 17.065 vetture elettriche, segnando un incremento del 78% rispetto al 2018 di cui 10.566 totalmente elettriche (BEV) e 6.499 auto ibride (PHEV)⁵. Analizzando i dati, le auto ad emissione zero rappresentano lo 0.9% delle immatricolazioni, per un numero pari a circa 2 milioni di vetture. Lo sviluppo di questa modalità di alimentazione del trasporto è aiutato anche da un incremento sempre più forte di infrastrutture di ricarica riuscito grazie alla collaborazione tra stato, società e innovazione tecnologica. L'unione europea in merito a questo ha deciso di fissare dei "goal" con lo scopo di ridurre tutte le problematiche relative al riscaldamento globale, ai gas serra e all'inquinamento in generale. Per quanto riguarda la mobilità elettrica è stato fissato l'obiettivo di 30 milioni di vetture ad emissione zero entro il 2030⁶. Ad esse, dovranno essere sviluppate un numero adeguato di infrastrutture per la ricarica elettrica (circa tre milioni) e per la ricarica di idrogeno (circa mille).

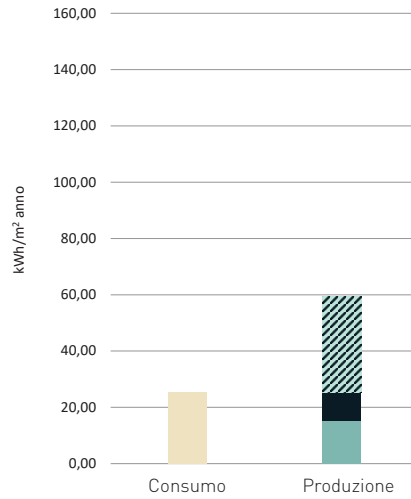
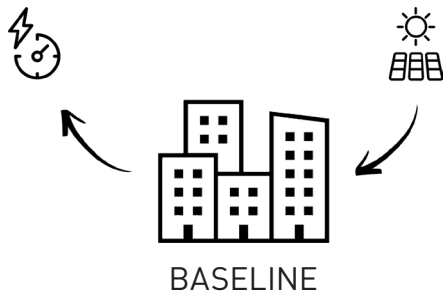
CIRCULAR ENERGY STORAGE

La mobilità elettrica necessita di batterie per stoccare l'energia ed alimentare le componenti di trazione. Generalmente, le batterie sono composte da ioni di litio, le quali sfruttano il lavoro di un anodo in litio e un catodo in carbonio. Queste, al tempo attuale, garantiscono un buon compromesso tra tempo di ricarica e quantità di energia stoccabile, tradotta poi in autonomia. Le fabbriche automobilistiche stanno investendo sempre più per adeguare i loro impianti di produzione in edifici a basso impatto ambientale,

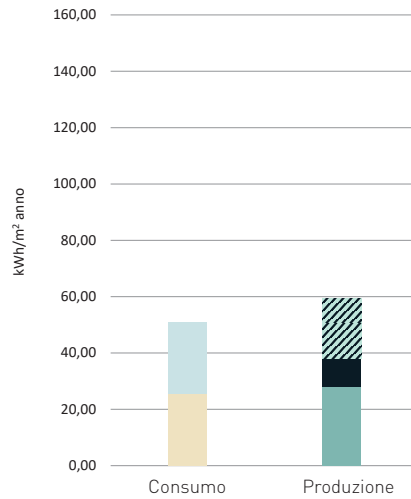
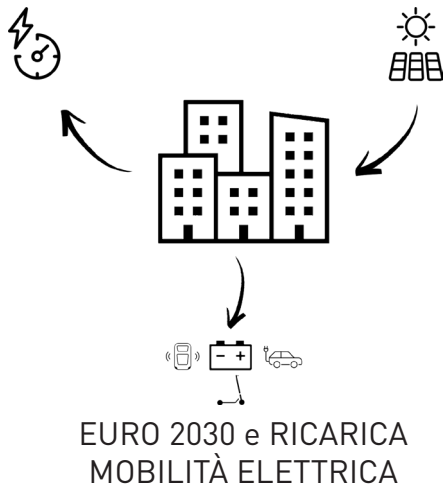
modificando il processo produttivo di alcune componenti per adeguarsi al concetto "green" di auto elettrica. La problematica sorge nel momento in cui le batterie smettono di trovare impiego come "serbatoio" dei veicoli. Per varie ragioni l'utilità di una vettura può finire prima che tutte le componenti siano arrivati alla fine della loro vita. Nasce quindi l'esigenza di capire come gestire le varie parti una volta non più utilizzabili come loro principale utilizzo. Particolare attenzione è stata posta sul tema di riuso delle batterie; esse necessitano di un complicato processo di smaltimento, spesso complice di inquinamento. Per questo è stato pensato un processo che dona una seconda vita alle batterie delle auto chiamato "Circular Energy Storage"⁷. Esso prevede il recupero delle componenti accumulatrici di energia trasformandoli in una sorta di "power bank" per i veicoli elettrici. Si riuscirà quindi ad utilizzare le batterie non più prestanti al 100% come fonte di ricarica per i più svariati utilizzi all'interno della città. Queste power bank potranno essere installate in sostituzione delle classiche colonnine di ricarica (che necessitano della creazione di una infrastruttura particolare); in particolari punti della città o del territorio dove è difficile raggiungere con la rete energetica; in prossimità di parcheggi per manifestazioni temporanee e non ed altri svariati ambiti.

La circular energy storage dona una "second life" alle batterie delle auto e risolve in parte il problema dello smaltimento. Rimane il problema dello smaltimento, molto costoso (circa 4 €/kg)⁸, una volta terminata la seconda vita. La tecnologia, in questo momento, sta facendo passi da gigante, andando a sviluppare tecnologie efficaci e non inquinanti; ad esempio, il CNR ICCOM di Firenze ha individuato un processo di trattamento degli accumulatori in litio⁹. Il sistema tratta le componenti più dannose della batteria, ovvero la parte elettro-chimicamente attiva degli accumulatori, a basse temperature riducendo l'impatto ambientale. Questo processo consente di separare tutti gli elementi della batteria e di recuperare metalli attivi.

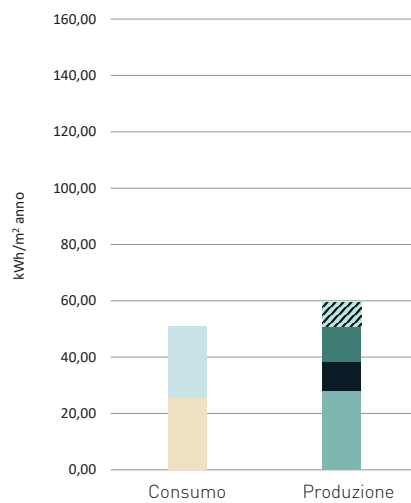
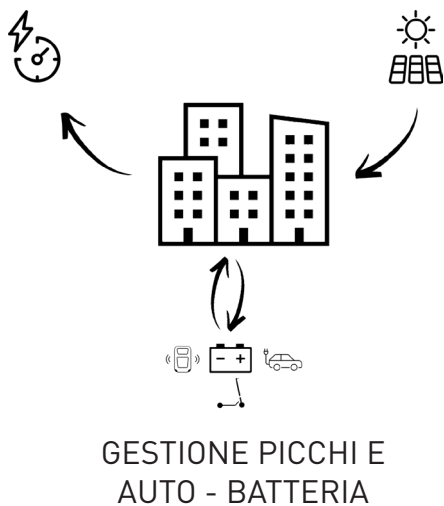
BLOCCO URBANO



Estratto09: Blocco urbano- scenario "baseline"



Estratto10: Blocco urbano- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica"



Estratto11: Blocco urbano- scenario "gestione picchi e auto- batteria"

BASELINE

In questa prima simulazione relativa al blocco urbano, è stata analizzata la situazione energetica in relazione alle ottimizzazioni fatte nell'ambito del progetto di Trespassing. Sono state unite, quindi, le scelte effettuate nei confronti di edifici a corte e a stecca, presenti in maniera rilevante nel contesto cittadino milanese. Il grafico mostra che la produzione di energia elettrica è ampiamente sufficiente per sopperire ai consumi dell'edificio. Il consumo in questo caso è riferito al solo utilizzo dell'edificio mentre la produzione prevede un utilizzo immediato dell'energia e una quantità stoccata nelle batterie. Da notare è l'alto numero di kWh/m² anno che dovranno essere immessi nella rete nazionale.

EURO 2030 E RICARICA MOBILITÀ ELETTRICA

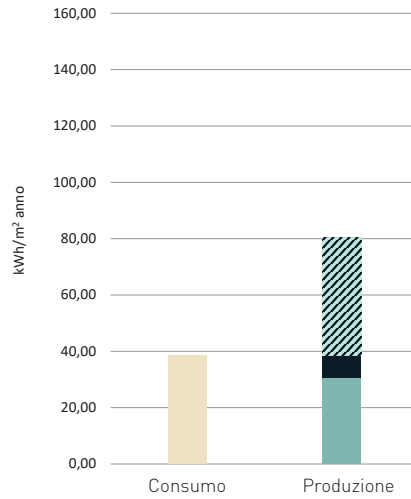
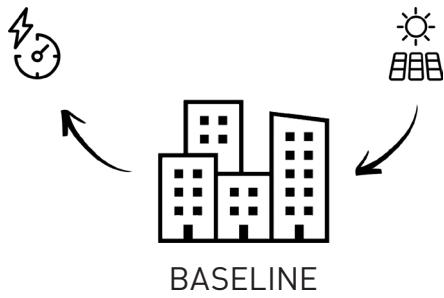
Viene qui considerato uno scenario nel quale, come precedentemente descritto in relazione alla mobilità elettrica in Europa, una parte di energia prodotta, viene destinata alla ricarica di auto elettriche. Il grafico del consumo subirà quindi un incremento dovuto alla ricarica delle batterie. Dato come parametro fisso e ottimizzato il valore in kWh/m² anno delle batterie dell'edificio, il valore di energia utilizzata direttamente aumenta a discapito di una riduzione di energia immessa nella rete. Si nota che la somma delle prime due voci relative al consumo (energia usata direttamente e batteria edificio) non coprono il fabbisogno di energia dell'edificio e delle batterie delle auto. Per questo, in questo scenario, sarà necessario studiare una soluzione di stoccaggio di energia oppure acquisire energia dalla rete.

GESTIONE PICCHI E AUTO BATTERIA

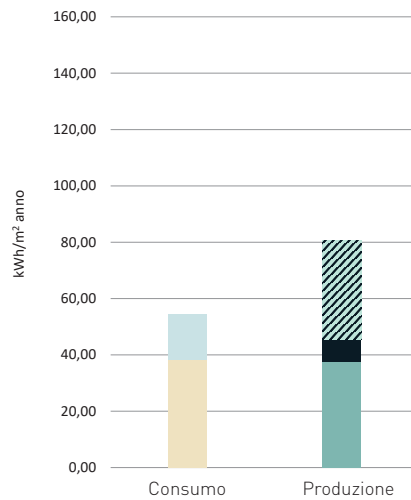
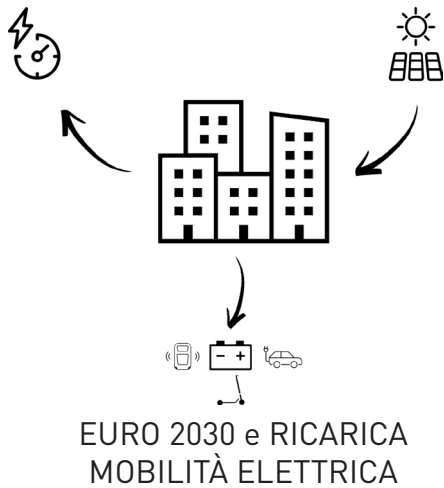
L'ultima simulazione riguarda l'ottimizzazione dell'energia per quanto riguarda l'immissione di corrente. Viene considerata come voce di produzione, la componente relativa alle batterie di auto. Queste ci consentono di

stoccare energia prodotta dal sistema fotovoltaico, ottimizzando i valori di energia utilizzata direttamente. Questa nuova strategia ci consente di ridurre notevolmente i kWh/m² anno da immettere nella rete, andando ad evitare una serie di problematiche dovute ai picchi di corrente nella rete nazionale. Le auto, in questo modo, avranno una partecipazione attiva nel comportamento energetico del blocco urbano.

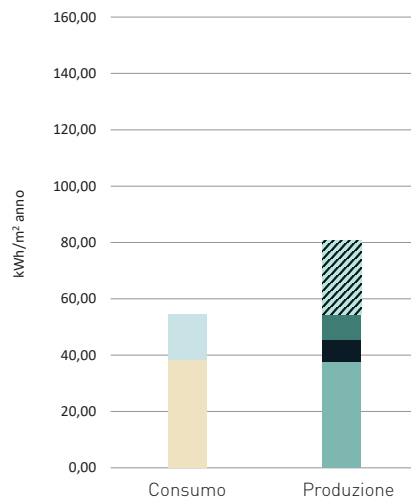
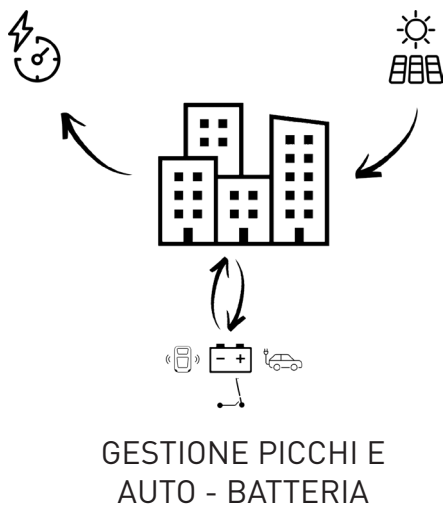
IDEA STORE



Estratto12: Idea store- scenario "baseline"



Estratto13: Idea store- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica"



Estratto14: Idea store- scenario "gestione picchi e auto-batteria"

BASELINE

Passando ad analizzare l'edificio oggetto di progettazione, notiamo il medesimo andamento dei grafici; in particolare ricaviamo dalle simulazioni effettuate un incremento del consumo di circa il 60% mentre, per quanto riguarda la produzione, un incremento del 30%. La differenziazione della colonna del consumo è la medesima della primo scenario analizzato. Parte di energia prodotta viene direttamente utilizzata dall'edificio. La quota mancante viene ricoperta dall'energia stoccata nelle batterie dell'edificio.

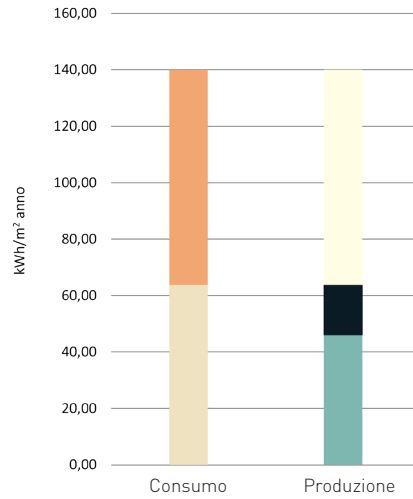
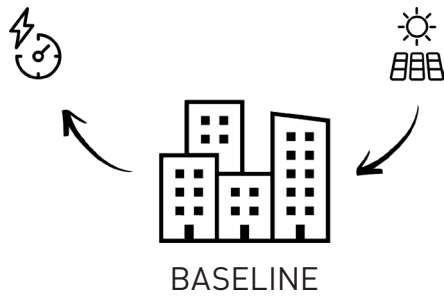
EURO 2030 E RICARICA MOBILITÀ ELETTRICA

Le stesse considerazioni fatte in precedenza in merito all'inserimento del consumo dovuto alle batterie delle auto è stato fatto nella configurazione idea store; Il consumo, quindi segna un aumento di kWh/m² anno. Per quanto riguarda la colonna della produzione totale di energia proveniente dalle fonti rinnovabili installate a contorno dell'edificio, la divisione è la medesima del primo scenario: una parte di energia è direttamente utilizzata (maggiore rispetto al primo scenario); una parte acquisita dal sistema di stoccaggio interno all'edificio e la restante parte reinmessa nella rete.

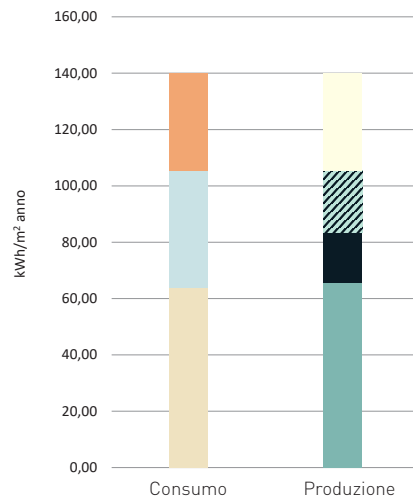
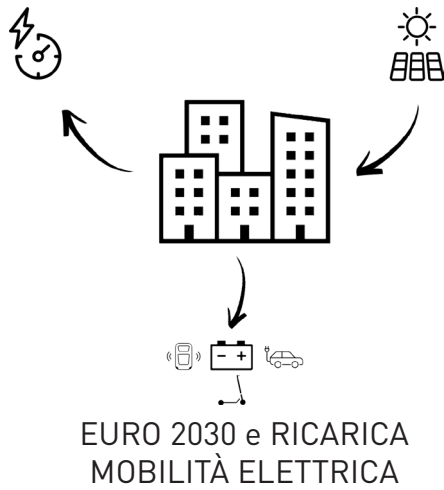
GESTIONE PICCHI E AUTO BATTERIA

Analizzando ora lo scenario inerente all'utilizzo di auto come batterie e al contenimento dell'energia immessa in rete, si nota, come avvenuto nella precedente simulazione, la colonna della produzione è soggetta all'inserimento di una fonte esterna all'edificio proveniente dalle batterie delle auto. Mantenendo i medesimi kWh/m² anno di consumo dello scenario precedente, si nota come l'energia immessa in rete, che in questo caso rappresenta il valore da ottimizzare, sia calato di circa il 40%. Considerando il presente caso, l'energia immessa in rete rappresenta il 30% dell'energia prodotta; si cercherà quindi di individuare una strategia che vada ad ottimizzare maggiormente questo valore.

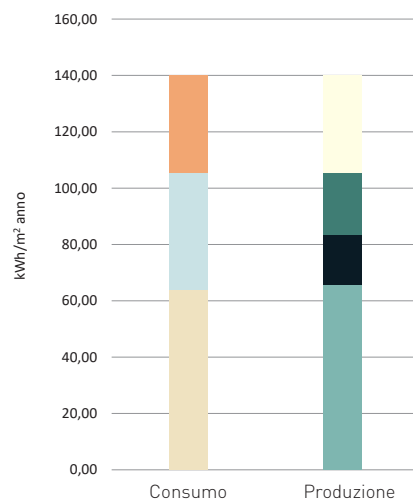
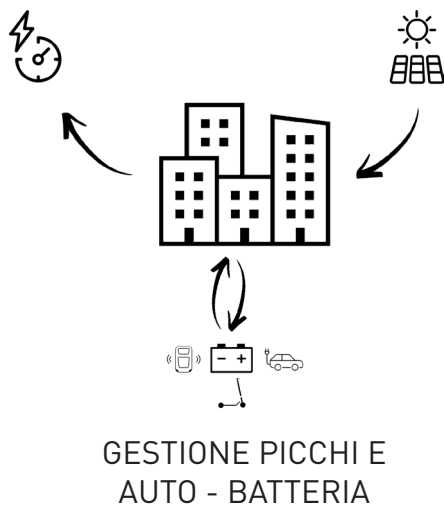
e- SHARE



Estratto15: e-Share- scenario "baseline"



Estratto16: e-Share- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica"



Estratto17: e-Share- scenario "gestione picchi e auto- batteria"

BASELINE

La terza configurazione vuole rappresentare il concetto di "comunità energetica" illustrato in precedenza; si ha quindi l'unione delle simulazioni relative al singolo edificio e al blocco urbano. Nelle simulazioni, entra in gioco, nella colonna dei consumi, la quota di fabbisogno per l'arredo urbano e circular energy storage. Il grafico mostra come la produzione di energia elettrica sia nettamente superiore al consumo; energia direttamente utilizzata in unione con la batteria dell'edificio rispondono al fabbisogno degli edifici, mentre il surplus asseconda la domanda di energia per alimentare la comunità. Questa risulta però, in questo caso, altamente dimensionata. Le prossime simulazioni verteranno all'ottimizzazione di questo valore.

EURO 2030 E RICARICA MOBILITÀ ELETTRICA

Il secondo scenario prevede l'inserimento del consumo di energia relativo al caricamento delle batterie delle auto. Anche in questo caso, come nel precedente, la colonna dei consumi riporta il valore di fabbisogno di energia per arredo urbano e per la ricarica di batterie da destinare al distretto. Si nota, però, come la ricarica di batterie per le auto abbia notevolmente ottimizzato il valore di energia per l'arredo urbano (in precedenza 55%, adesso il 27% sul totale dei consumi). Si nota inoltre come il fabbisogno di energia per alimentare gli edifici sia garantito interamente da energia direttamente utilizzata. Nella colonna di produzione, per ottimizzare il valore di surplus, si inserisce una quota di energia immessa in rete.

GESTIONE PICCHI E AUTO BATTERIA

L'ultimo scenario rappresenta l'ottimizzazione finale del concetto di "comunità energetica". La colonna dei consumi riprende i medesimi valori dello scenario precedente, considerando quindi i valori di fabbisogno per gli edifici, la carica dei veicoli e dell'arredo urbano. Il grafico della produzione viene

ulteriormente ottimizzato inserendo la quota di batterie provenienti dalla mobilità elettrica nel conteggio della produzione totale. Viene quindi ottimizzato il valore di energia immessa in rete introdotto nel precedente step, andando così a garantire una quantità di energia sufficiente a garantire l'utilizzo di tutti i servizi presenti nel lotto, senza andare a immettere nella rete ulteriore energia la quale può provocare picchi non salutari all'infrastruttura esistente.

Il percorso di tesi affrontato ha unito gli aspetti considerati nel processo di progettazione architettonica, con gli aspetti energetici relativi al distretto nel quale si colloca l'edificio. Lo studio iniziale relativo al progetto del Politecnico di Milano Trespassig integra la scelta della tipologia dell'edificio da progettare con alcuni aspetti tecnici atti a ridurre il consumo di energia elettrica. Da questo è stato possibile delineare delle linee guida che hanno "plasmato" l'edificio progettato, ad esempio: la quantità e l'orientamento delle superfici trasparenti, la quantità e la posizione dei sistemi di produzione fotovoltaica e la relativa possibilità di inclinare la copertura per aumentarne la produzione nonché la valutazione della forma dell'edificio ottimizzato. Il tema principale di tesi ovvero quello di studio dell'impatto della mobilità elettrica sugli edifici e sull'ottimizzazione del surplus energetico ha aggiunto un ulteriore punto di analisi. Il tema ci consente di ipotizzare e,

da un certo punto di vista, anticipare alcuni scenari che le future città avranno l'obbligo di attuare per attenuare l'impatto dell'edilizia sull'ambiente. La progettazione dell'edificio è stata inoltre influenzata dal fatto che il masterplan ospiterà il Villaggio Olimpico per le Olimpiadi di Milano Cortina del 2026; le parole chiave degli spazi sono state quindi dinamicità e facilità di trasformazione dovuti ad una differente utenza prima e dopo le olimpiadi. La parte finale vuole rappresentare e supportare le scelte svolte tramite il concetto di "comunità energetica". Sono stati ipotizzati degli scenari i quali prevedono l'utilizzo della mobilità elettrica auto, monopattini e biciclette elettriche e PODS a guida autonoma che, alla fine dell'ottimizzazione, possono rappresentare una possibile linea guida di sviluppo dei nuovi quartieri delle città moderne.

e-Share

NOTE

1. Harrison P., "Fuelling Europe's Future: How the transition from oil strengthens the economy". Cambridge, Econometrics, 2018
2. World Economic Forum, Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility, 2018
3. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637895/EPRS_BRI\(2019\)637895_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637895/EPRS_BRI(2019)637895_EN.pdf)
4. https://www.camecon.com/wp-content/uploads/2018/02/ECF-Fuelling-Europe_EN_web.pdf
5. <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/immatricolazioni-auto-elettriche-crescita/#:~:text=Nel%202019%20sono%20state%20immatricolate,42%25%20rispetto%20al%202018>
6. <https://www.electrive.com/2020/12/06/eu-to-target-30-million-electric-vehicles-by-2030/>
7. <https://circularenergystorage.com/about>
8. <https://www.sorgenia.it/guida-energia/smaltimento-batterie-auto#:~:text=Il%20costo%20smaltimento%20batterie%20auto,dalla%20tecnologia%20di%20adattamento%20adottate.>
9. <https://www.decrescitafelice.it/2017/03/batterie-al-litio-riciclate-e-riutilizzate-a-basso-costo-grazie-agli-studi-del-cnr/>

RIFERIMENTI

- Estratto01: Schema d'impatto della mobilità elettrica - Tavola88
- Estratto02: Blocco urbano tipo - Tavola89
- Estratto03: Idea store - Tavola89
- Estratto04: Comunità energetica tipo - Tavola89
- Estratto05: Schema baseline - Tavola89
- Estratto06: Schema Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica - Tavola89
- Estratto07: Schema gestione picchi e auto - batteria - Tavola89
- Estratto08: Legenda grafici consumo e produzione - Tavola89
- Estratto09: Blocco urbano- scenario "baseline" - Tavola89
- Estratto10: Blocco urbano- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica" - Tavola89
- Estratto11: Blocco urbano- scenario "gestione picchi e auto- batteria" - Tavola89
- Estratto12: Idea store- scenario "baseline" - Tavola89
- Estratto13: Idea store- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica" - Tavola89
- Estratto14: Idea store- scenario "gestione picchi e auto- batteria" - Tavola89
- Estratto15: e-Share- scenario "baseline" - Tavola89
- Estratto16: e-Share- scenario "Euro 2030 e ricarica mobilità elettrica" - Tavola89
- Estratto17: e-Share- scenario "gestione picchi e auto- batteria" - Tavola89

BIBLIOGRAFIA

RITCHIE, H., AND M. ROSER. "CO2 and other Greenhouse Gas Emissions" Accessed December 24, 2018. www.ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions ce]

EUROPEAN COMMISSION, "A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy", (2018)

UNITED NATIONS, "The United Nations Framework Convention on Climate Change", n.2, (2016)

KING, D., "Copenhagen and Cancun", *International climate change negotiations: Key lessons and next steps*, Oxford University, (2011)

AMATO, A., E. COSTANZO, B. DI PIETRA, AND F. HUGONY, "La Direttiva Europea 2018/844 che modifica l'EPBD", ENEA, (2018)

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, "On the energy performance of buildings", Official Journal of the European Union", L153/13 (2010)

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, "On the energy performance of buildings", Official Journal of the European Union", L156/75 (2018)

NAWAZ, I., AND G. N. TIWARI. "Embodied Energy Analysis of Photovoltaic (PV) System Based on Macroand Micro-Level." *Energy Policy* 34, no. 17 (2006)

MEGGERS, F., V. RITTER, P. GOFFIN, M. BAETSCHMANN, AND H. LEIBUNDGUT. "Low Exergy Building Systems Implementation." *Energy*, 23rd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2010, 41, no. 1 (May 1, 2012)

KORBEE H., B.T SMOLDERS AND F. STOFBERG \, TU Delft, afd. Bouwkunde, in: BOUW, no. 22 (27 October 1979)

MAPP C., M. E. C. NOBE, AND B. DUNBAR. "The Cost of LEED: An Analysis of the Construction Costs of LEED and Non-LEED Banks". JOSRE, vol. 3, no. 1, 2011

KHALIGH A., AND L. ZHIHAO. "Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art" IEEE transactions on vehicular technology, no.6 (2010)

STAMP A., D.J. LANG, AND P.A. WAGER. "Environmental impacts of a transition toward e-mobility: the present and future role of lithium carbonate production", Cleaner Production, no. 23 (2012)

International Transport Forum, Shared mobility. Innovation for livable city. OECD, 2016

FAGLIA B, "La forma urbana di Milano, evoluzione storica e urbanistica". Politesi, 2016

HARRISON P., "Fuelling Europe's Future: How the transition from oil strengthens the economy". Cambridge, Econometrics, 2018

2018 snapshot of global photovoltaic markets. Photovoltaic power systems programme. Report IEA PVPS T1-33 (2018).

GRANDI M., A. PRACCHI, "Milano, Guida all'architettura moderna". Zanichelli, Bologna (1980)

Human-Computer Interaction: Towards Mobile and Intelligent Interaction Environments, 14th International Conference, HCI International 2011, Orlando, USA

VAN MEEL, J., Y. MARTENS, H. JAN VAN REE, "Planning office spaces: a practical guide for managers and designers", Laurence King Publishing, London, 2010

SITOGRAFIA

www.metoffice.gov.uk
www.globalcarbonproject.org
www.iea.org
www.ec.europa.eu
www.eea.europa.eu
www.energinorge.no
www.activehouse.info
www.passivehouse-international.org
www.new.abb.com
www.localmotors.com
www.istat.it
www.episcope.eu
webtool.building-typology.eu
www.carbonbrief.org
www.climate-laws.org
www.wallstreetitalia.com
www.mobilitybehaviour.eu

www.thenationalnews.com
www.monopattinoelettrico.info
www.whatcar.com
www.milanoincontrotemporanea.com
www.assolombarda.it/
www.appsso.eurostat.ec.europa.eu
www.topuniversities.com
www.cresme.it
www.sigest.it
www.scalimilano.vision
www.comune.milano.it
www.lagenziadiviaggi.it
www.parlament.ch
www.wearch.eu
www.pgt.comune.milano.it
www.comune.milano.it
www.fondazioneprada.org
www.areasymbiosis.com
www.unibocconi.it
www.abitare.it
www.domusweb.it
www.giardinaggio.it
www.elicriso.it
www.energystar.gov
www.gazzettaufficiale.it
www.lombardiabeniculturali.it
www.mandaworks.com
www.eniscuola.net
www.archello.com
www.artribune.com
www.comune.milano.it
www.quattroruote.it
www.telegraph.co.uk
www.porta-nuova.com

