



POLITECNICO
MILANO 1863

Scuola di Ingegneria Edile - Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile - Architettura

POLO TERRITORIALE DI
LECCO

TORRE SCALO ROMANA: TIPOLOGIA INSEDIATIVA DI CITTÀ VERTICALE NELLA RIQUALIFICAZIONE URBANA DI UNO SCALO FERROVIARIO MILANESE

Relatore: Prof. Piero POGGIOLI

Correlatore: Prof. Matteo COLOMBO

Tesi di Laurea di:
Lorenzo BERNARDI 859678

Anno Accademico 2020 - 2021

TORRE SCALO ROMANA: TIPOLOGIA INSEDIATIVA DI CITTÀ VERTICALE NELLA RIQUALIFICAZIONE URBANA DI UNO SCALO FERROVIARIO MILANESE

INDICE

ABSTRACT	7
1. EVOLUZIONE STORICA DEL PAESAGGIO URBANO DEL SUD-EST DI MILANO	11
1.1. L'espansione della città: Piano Beruto e Piano Pavia-Masera	11
1.2. Piano Albertini: i nuovi confini milanesi dettati dalle rotaie	15
1.3. Il secondo Dopoguerra: la ricerca di nuove linee guida per la città	16
1.4. Contesto attuale: vuoti urbani, edifici dismessi e l'esigenza di nuovi spazi	20
2. UN QUARTIERE IN CERCA DI CITTÀ	25
2.1. Quello che prevede il PGT	25
2.2. L'Accordo di Programma tra FS il Comune di Milano in quanto	34
2.2.1. Le 5 Vision per la Milano futura	37
2.2.2. Olimpiadi invernali 2026	40
2.3. Processo trasformativo in corso attorno allo Scalo Romana	40
2.3.1. Lo sviluppo dell'area adiacente	42
2.4. Casi studio	43
2.4.1. Abandoibarra, Bilbao (Spagna)	45
2.4.2. Centro Internazionale Finanziario (IFC), Hong Kong (Cina)	47
2.4.3. Olympic Park Legacy, Londra (Inghilterra)	49
2.4.4. Porta Nuova, Milano (Italia)	53
3. UNA PROPOSTA PER LO SCALO	55
3.1. Riconnessione, riconversione e analisi SWOT	55
3.1.1. Applicazione dell'analisi SWOT: strategie e obiettivi	57
3.2. Il progetto urbanistico	61
3.2.1. Analisi dell'intorno urbano e scelte progettuali	63
3.2.2. Masterplan progettuale	65
3.2.3. La collina artificiale e la passarella sulla ferrovia	68
3.3. Una torre differente: città verticale e vita di comunità	72
3.3.1. Evoluzione del modello grattacielo	73

3.3.2. “Home-For-All”, un progetto di architettura pubblica	74
3.3.3. Grattacieli e torri a Milano	75
4. PROGETTO DELLA TORRE SCALO ROMANA: VERTICAL CITY	79
4.1. Riferimenti progettuali	79
4.2. Concept di progetto	123
4.3. Il progetto architettonico	124
4.3.1. Universal design	124
4.3.2. La copertura della pubblica	125
4.3.3. Parte pubblica	128
4.3.4. Parte privata	132
4.3.4.1. Uffici: parametri e dimensionamento degli spazi di lavoro	134
4.3.4.2. Sale co-working e palestra	136
4.3.4.3. Residenze	137
4.3.3.4. Ristoro	138
4.4. Progetto strutturale	139
4.4.1. Normative di riferimento	139
4.4.2. Azioni sulle costruzioni	141
4.4.2.1. Carichi permanenti	141
4.4.2.2. Carichi variabili	144
4.4.2.3. Azione sismica	153
4.4.3. Analisi di calcolo	167
4.4.3.1. Azioni sulle costruzioni	167
4.4.3.2. Combinazioni di calcolo	168
4.4.3.3. Definizione delle configurazioni	169
4.4.4. Dimensionamento e verifiche	170
4.4.4.1. Lamiera grecata	170
4.4.4.2. Caratteristiche generali	171
4.4.4.3. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F1	176
4.4.4.4. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F2	182
4.4.4.5. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F3	188
4.4.4.6. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F4	194
4.4.4.7. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F5	200
4.4.4.8. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F6	206
4.4.4.9. Dimensionamento dei restanti solai	210
4.4.4.10. Pilastri	211
4.4.4.11. Dimensionamento dei restanti pilasti	214

4.4.5. Dimensionamento e verifiche delle connessioni	215
4.4.5.1. Unioni bullonate	215
4.4.6. Azioni orizzontali	221
4.4.6.1. Azione del vento	221
4.4.6.2 Azione del sisma	221
4.4.6.3. Distribuzione della forza sismica ai piani	231
4.5. Progetto Energetico-Tecnologico	234
4.5.1. L'importanza del riciclo	235
4.5.2. Torre per l'ambiente: un edificio-quartiere sostenibile	235
4.5.2.1. Abaco tecnologico	237
4.5.2.2. Verifica dei parametri termici igrometrici e dinamici	243
4.5.3. Energie rinnovabili	250
4.5.3.1. Fotovoltaico	250
4.5.3.2. Recupero delle acque	254
5. CONCLUSIONI	259
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	263
INDICE IMMAGINI	265
INDICE TAVOLE	269

ABSTRACT

Lo studio si è applicato ad un progetto di riqualificazione urbana generale dello Scalo di Porta Romana con l'approfondimento progettuale della "Torre Scalo Romana". L'area, situata nel sud-est del Comune di Milano, fa parte dell'Accordo di Programma tra Ferrovie dello Stato e Comune di Milano e, assieme agli altri scali ferroviari, è oggetto di attenzioni particolari nelle strategie di ridisegno dell'assetto della città futura. Il lavoro di tesi, iniziato antecedentemente alla designazione dell'area come superficie dedicata alla costruzione del villaggio olimpico per le Olimpiadi invernali 2026 Milano-Cortina, ha declinato il tema assegnato (Città Verticale e riqualificazione dello Scalo) secondo un percorso canonico per il Corso di Laurea. Senza mancare l'opportunità di interpretare l'area nel suo insieme in equilibrio tra utilizzo del suolo e sua occupazione, tra figurazione e funzione, tra sostenibilità e sviluppo, tra opportunità dell'area e ragioni della città, lo studio ha provato a cogliere, attraverso una riflessione pluridisciplinare e pluriculturale, le estese valenze che un progetto di questo tipo contempla.

L'obiettivo principale è quello di ricucire il tessuto urbano dell'area tra la parte nord e sud dello Scalo, separati fin dalla fine del XIX Secolo, come evidenziato dall'analisi storica. Il masterplan è stato realizzato in questa direzione con l'intento di realizzare anche al suo interno dei nuovi luoghi di ritrovo per i cittadini, tenendo in conto le diverse fasce d'età, categorie ed esigenze. Il nuovo parco prevede aree boschive alternate a prati "aperti", dove poter sostare e rilassarsi, orti urbani -adiacenti alla futura torre A2A- e il recupero di un ex magazzino dello scalo, che sarà indirizzato ai giovani come luogo di ritrovo, correlato a nuovi campi per l'attività sportiva.

Al centro del progetto è stata quindi posta la comunità, che attraverso questa rigenerazione, potrà giovare di una serie di benefici, riscoprendo un luogo nuovo ed importante -per funzioni ed estensione- che potrà contribuire alla nuova immagine della futura Milano.

Il tema dello spazio pubblico e della socialità ha interessato anche la progettazione della "Torre Scalo Romana", che è stata anticipata da una fase di studio di casi analoghi realizzati con particolare riferimento alle analisi di servizi e strutture che si potessero applicare all'area e alla nuova torre.

L'edificio in altezza, principale oggetto di tesi, prevede un grande "basamento", che caratterizza l'"attacco a terra" e ospita tutti i servizi aperti al pubblico, mentre lo sviluppo del corpo torre vero e proprio accoglie le funzioni ad uso privato, con nove piani di uffici e quattro piani di residenze. Gli ultimi tre piani della torre, però, ospitano l'attività di ristoro, dalla quale si potrà osservare tutto il parco e l'evoluzione dello skyline milanese.

Il progetto ha approfondito anche due temi importanti e attuali: l'Universal Design e l'economia circolare. Si sono elaborati quindi ambienti accessibili ad ogni tipo di utenza e, da un punto di vista più tecnico, si sono utilizzati materiali riciclati e/o riciclabili nella composizione dei pacchetti tecnologici. Tale scelta non ha compromesso le prestazioni dell'edificio, che, a seguito di un'analisi prestazionale, è risultato in classe A.

Dal punto di vista costruttivo è stato poi eseguito il dimensionamento della struttura portante della torre. Questa risulta composta da travi e pilastri in acciaio, con un core centrale in c.a. -dotato di un telaio proprio- distaccato da quella del basamento pubblico tramite un giunto strutturale, cosicché le forze orizzontali (vento e sisma) sollecitino solamente la struttura della torre. Le stesse forze sono poi trasferite direttamente al core in c.a.. La scelta di utilizzare l'acciaio come materiale per la struttura portante è legata al tema della riciclabilità, essendo questa una struttura montabile e smontabile, che consente la possibilità di una seconda vita ai materiali utilizzati.

“Torre Scalo Romana” è concepita quindi come luogo di forte identità sociale, figurativa ma anche tecnologica, che si candida a divenire un nuovo importante polo d'attrazione per Milano; un nuovo inizio per un'area da troppo tempo dimenticata.

1. Evoluzione storica del paesaggio urbano del sud-est di Milano

L'attuale paesaggio urbano nell'area sud-est della città di Milano ha iniziato a svilupparsi intorno alla fine dell'Ottocento, quando su tutta la fascia esterna ai Bastioni Spagnoli iniziano a diffondersi una serie di piccole manifatture e medio-grandi impianti industriali, con il contemporaneo insediamento dello scalo ferroviario. In particolare, la cintura ferroviaria sud andrà a condizionare le sorti funzionali e formali della zona, attraverso un forte elemento di discontinuità. Fino ad allora, infatti, era stato un territorio agricolo con cascine, e borghi rurali con e qualche episodio di urbanizzazione lungo i tracciati viari storici, quali corso Lodi, via Emilia e via Ripamonti.

Le caratteristiche acquisite dall'ambito urbano a sud dello scalo Romana durante l'intero secolo scorso fanno emergere un paesaggio che si potrebbe definire "incerto". Da un lato la volontà di restare una città industriale con una grana medio-fine, dall'altro la forte ambizione di diventare un quartiere urbano a tutti gli effetti, caratterizzato da numerosi elementi di interesse, attività e vocazioni.

1.1. L'espansione della città: Piano Beruto e Piano Pavia-Masera

La forma della Milano contemporanea è il risultato delle trasformazioni avvenute nel corso di tutto il Novecento, dando vita ai luoghi e spazi che noi oggi conosciamo. A partire dall'800, le ferrovie furono un elemento molto importante per lo sviluppo economico dell'area/città, e la sua espansione incrementa la distribuzione di nuovi insediamenti tra le aree a nord e a sud di Milano, avvertendosi in modo evidente la formazione dell'intelaiatura su cui sta sorgendo l'apparato industriale della città. La parte settentrionale, di conseguenza, viene innervata da un reticolo di tracciati ferroviari molto più fitto e sviluppato rispetto a quello presente nella bassa milanese.

Fino alla metà dell'Ottocento la città era contenuta dai Bastioni Spagnoli, successivamente le cerchie imposte dal disegno dei Piani Regolatori sono le circonvallazioni più esterne e, più recentemente, con le tangenziali in ambito metropolitano. Inoltre, la forma urbana milanese venne fortemente influenzata anche dal ruolo dell'anello ferroviario, per gli addensamenti limitrofi agli approdi e per la presenza di grandi stazioni merci come gli scali Farini, Lambrate, Vittoria, Rogoredo, Porta Romana.

Solo verso il 1884 fu presentato il Piano Beruto (Fig.1), che rappresentò l'inizio vero e proprio di una pianificazione stradale generale a Milano. Le linee del Piano identificano, inoltre, gli ambiti e le aree dei nuovi scali merci fuori dalle maglie e isolati disegnati all'esterno della circonvallazione dei Bastioni, tra cui anche lo scalo di Porta Romana (da qui in avanti indicato come "scalo Romana"). A nord dello scalo Romana si sviluppa la città dei boulevard alberati del piano urbanistico generale, che ancora oggi caratterizza la qualità di quei luoghi, mentre a sud rimane il paesaggio agricolo con qualche prima funzione a servizio della città. Nei decenni successivi del Novecento, il quartiere a sud dello scalo Romana inizierà un processo graduale di sostituzione del paesaggio agricolo con

attività produttive e industriali che sfruttano la prossimità dello scalo, e dunque l'accessibilità ferroviaria, che rappresentava un fattore strategico dal punto di vista localizzativo.



Figura 1 – Il piano definitivo dell'Ing. Cesare Beruto del 1884 |Fonte: Un secolo di urbanistica, p. 223.

Del Piano Beruto sono stati realizzati gli assi radiali di espansione della città e la circonvallazione esterna, mentre altri elementi, come ampi lotti per l'edificazione, viali ed estesi sistemi di spazio verdi, sono stati parzialmente tralasciati durante la fase attuativa. In coerenza con il piano d'espansione sono stati attuati sistemi strutturanti per lo spazio pubblico, come quello di piazzale Libia e di piazzale Lodi, caratterizzati da aree verdi in continuità con gli ampi viali alberati della circonvallazione. In questa fascia esterna si prevedeva anche l'attuale Parco

Ravizza¹, un vasto parco posto a servizio della nuova città moderna. Dal punto di vista produttivo, tra fine Ottocento e inizio Novecento, attorno allo scalo Romana sorgono la Tecnomasio Brown Boveri in piazzale Lodi e le Officine Meccaniche² in prossimità di via Ripamonti. Accanto a questi poli maggiori trovarono localizzazione una serie di strutture industriali di dimensioni più ridotte, che hanno fortemente contribuito alla vocazione produttiva dell'area (ad esempio, due "molini" finalizzati alla produzione cerealicola, un panificio meccanico automatico e diversi opifici). Un elemento chiave del paesaggio industriale dell'area è rappresentato dalla Centrale elettrica³ di piazzale Trento, inaugurata nel 1905. L'aspetto odierno è molto differente da quello originario, in cui tre ciminiere, vasche di raffreddamento e depositi di carbone connotavano fortemente l'edificio e il paesaggio dello scalo Romana.

Intorno al 1910 l'inarrestabile crescita urbana di Milano determina un nuovo salto di scala, che dopo pochi anni impone la necessità di un nuovo strumento di governo delle trasformazioni. Nel 1912 viene approvato il Piano Pavia-Masera (Fig.2), il quale si pone in sostanziale continuità con il piano precedente.



Figura 2 - Piano Pavia-Masera, 1912 | Fonte: ordinedegliarchitetti.mi.it

1 Fa parte del piano il sistema di piazzale Martini-via Cicero Visconti-piazza Insubria, che sarà completato negli anni Venti con la realizzazione del complesso popolare Calvaire e Molise (1925 – 1931), come elemento urbano riconoscibile, uniforme e con una elevata dotazione di verde e servizi.

2 L'impianto produttivo si estendeva per una superficie di circa 220.000 mq.

3 Dal 1910 di proprietà dell'Azienda Elettrica Municipale AEM (oggi A2A), divenne negli anni Venti sottostazione dell'energia idroelettrica prodotta in Valtellina. Dopo avere subito notevoli danni durante la seconda Guerra, essa è giunta ad oggi acquisendo nuove funzioni amministrative e terziarie legate all'A2A.

In questo nuovo Piano è la cintura e il sistema ferroviario, definitosi negli anni dopo l'unificazione d'Italia, a influenzare la forma e a delimitarne i confini della città verso Nord ed Est. Il carattere industriale della città e il ruolo di Milano come centro manifatturiero, commerciale e finanziario sono ormai definitivi. Il disegno del Piano Pavia-Masera assume il carattere di un reticolo continuo di strade e piazze assolutamente geometriche, sancendo l'ulteriore ampliamento dello schema urbano monocentrico, rafforzando il sistema delle radiali e delle circonvallazioni, completando il disegno della rete ferroviaria nell'attuale configurazione e infine favorendo la caratterizzazione funzionale delle diverse parti della città. L'integrazione dello scalo Romana con la cintura ferroviaria (Fig.3) a "C" rovesciata viene realizzata a partire dall'attuazione del Piano Pavia-Masera del 1910-1912. Con quest'ultimo ci fu anche un timido esempio di disegno urbano, formato da isolati conseguenti alla rete stradale, senza una chiara volontà di generare spazi pubblici o privati di qualità.

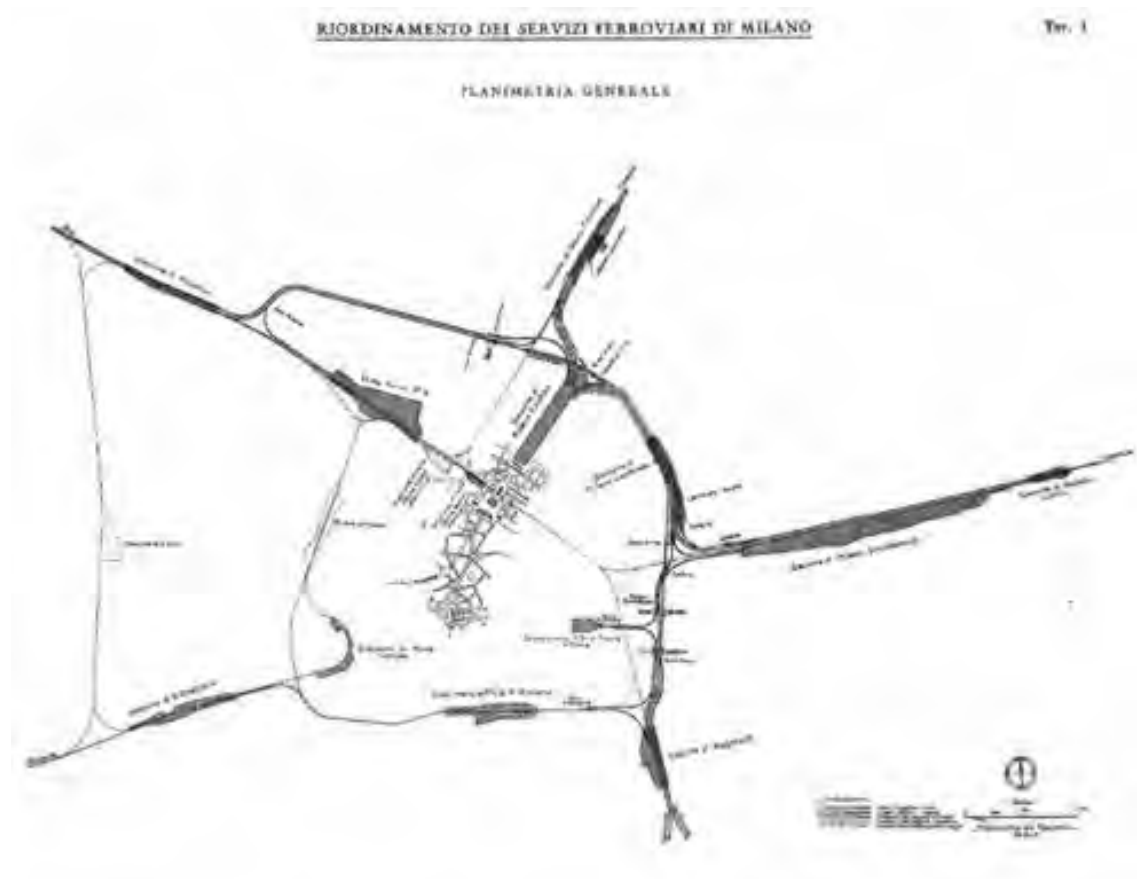


Figura 3 – Riordinamento dei servizi ferroviari di Milano, Planimetria generale | Fonte: www.storiadimilano.it

La zona sud-est di Milano è fortemente caratterizzata dalla presenza di diversi quartieri di edilizia residenziale pubblica. In particolare, la zona Corvetto – piazzale Gabriele Rosa, terminale dell'asse di corso Lodi, ma anche altri comparti su via Ripamonti e viale Tibaldi, costituiscono un unicum nel panorama milanese per sovrapposizione e stratificazione di interventi di edilizia popolare. In questo

modo nella zona sud-est si delinea un vero e proprio “paesaggio dell’abitare”⁴, che ha accompagnato e contraddistinto lo sviluppo di questo comparto. L’origine dell’esigenza abitativa si attesta nel periodo di fine Ottocento, quando si è registrata una prima forte urbanizzazione soprattutto di operai e forza lavoro. Infatti, la popolazione di Milano alle soglie del nuovo secolo era salita a 500.000 unità e solo dieci anni più tardi, al tempo del Piano Pavia-Masera, a 600.000 unità. Di conseguenza, nell’ottica di tale fabbisogno abitativo e dello sviluppo industriale in quegli anni, si diede inizio alla costruzione di quartieri destinati alle fasce operaie e proletarie. Le prime realizzazioni nella zona sud-est di quartieri di residenza economica e popolare risalgono al periodo compreso tra il 1900 e il 1911. Durante questa fase di sviluppo residenziale (economico e popolare) nelle adiacenze dello scalo Romana e dei centri industriali della zona, sono nati i quartieri Ripamonti (1905-1906), Spaventa (1908) e Tibaldi (1910). Nelle vicinanze era sorto anche il quartiere Baravalle realizzato con tipologie di villette separate, oggi tuttavia non più esistente.

Nella seconda metà degli anni Venti vengono realizzati nuovi complessi popolari: il quartiere Regina Elena (1925-1928), in zona Corvetto⁵; il quartiere Giambologna (1926-1927) e il quartiere Bibbiena (1928-1929), adiacenti al centro dei precedenti quartieri Baravalle e Tibaldi; il grande complesso popolare di Calvairate e Molise⁶, realizzati tra il 1925 e il 1931.

1.2. Piano Albertini: i nuovi confini milanesi dettati dalle rotaie

Nel 1934 venne attuato un nuovo Piano urbanistico, affidato all’Ingegnere Albertini (Fig.4), in piena epoca fascista. L’idea fondamentale del Piano Albertini era quella di rinsaldare la connessione tra i vari quartieri cittadini e i nuovi poli di sviluppo, a volte utilizzando e trasformando l’esistente, a volte stravolgendolo completamente.

L’intenzione di Albertini era quella di dare al centro di Milano una funzione prevalentemente direzionale e decentrare la popolazione verso le zone meno popolate del territorio municipale. La città veniva quindi distinta in un nucleo centrale, destinato a funzioni direzionali e quindi capace di pagare alti prezzi per i terreni e gli edifici, e in una larga fascia periferica che raggiungeva quasi i confini comunali, ad accogliere i ceti meno abbienti e popolari e concepita come un’enorme superficie per lottizzazioni. Il disegno di queste nuove porzioni di città interessa anche aree situate a sud dello scalo Romana. Tali previsioni sono state solo in parte realizzate, anche a fronte dello scoppio del conflitto mondiale e della redazione dei piani regolatori post-bellici.

Un elemento di particolare rilievo che permane nei diversi piani, sia in quanto elemento ordinatore di un’ampia porzione urbana tra città e periferia, sia come

4 F. Schiaffonati, G. Castaldo, M. Mocchi, “Il progetto di rigenerazione urbana. Proposte per lo scalo di Porta Romana a Milano”, Maggioli Editore, 2017

5 Su progetto dell’Ufficio Tecnico di Milano.

6 Su disegno razionalista degli arch. Cesare e Maurizio Mazzocchi.

sistema organico di spazi pubblici, è il sistema di corso Lodi – viale Martini – piazzale Gabriele Rosa – viale Omero. Tale boulevard è uno dei pochi elementi presenti a Milano ad essere chiaramente definito e funzionante con i paradigmi della città tradizionale, costituita dai viali alberati e piazze con verde pubblico. La Seconda Guerra Mondiale frena l'attuazione di tutte le previsioni, tuttavia queste verranno rilanciate al termine dell'evento bellico grazie alle numerose convenzioni giuridicamente autonome rispetto al Piano Albertini, stipulate tra il Comune e i privati. Di rilevante il Piano Albertini ha introdotto la nuova tipologia di palazzo a sette o otto piani, ha accelerato il processo di terziarizzazione del centro storico, prevedendo l'espulsione della residenza e delle funzioni che non sono in grado di pagare l'elevata rendita, e ha ignorato la possibilità di uno sviluppo policentrico.

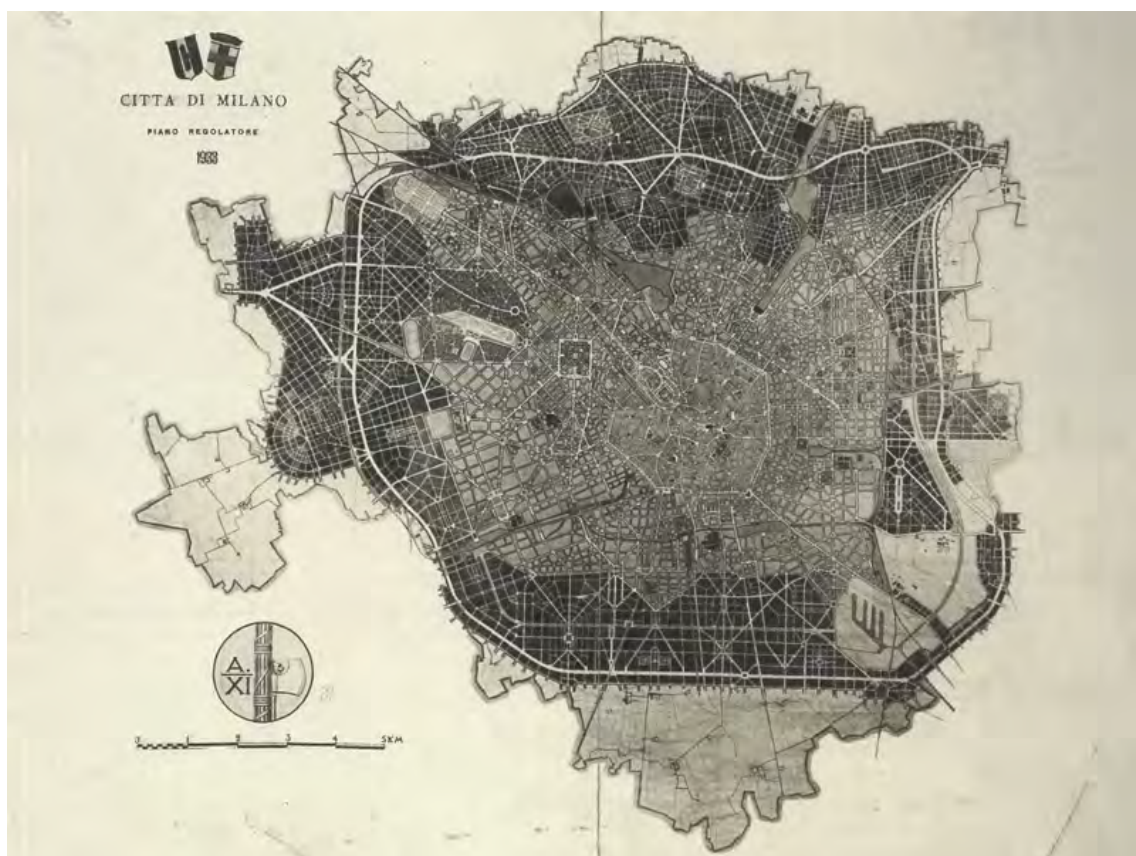


Figura 4 – Piano Albertini del 1934 | Fonte: www.ordinearchitetti.it

1.3. Il secondo Dopoguerra: la ricerca di nuove linee guida per la città

Quando nel 1945 si dissipano le polveri dei bombardamenti, Milano è una città martoriata. Alla tensione celebrativa degli anni del regime si era sostituita la necessità di ricostruire, dando vita ad un concorso di idee per il nuovo piano regolatore. Tra le proposte spicca il Piano AR (Architetti Riuniti, ideato da un gruppo di progettisti)⁷ del 1946, che, seppur mai approvato, rappresenta il

⁷ Del gruppo facevano parte i progettisti: Franco Albini, Lodovico Barbiano di Belgiojoso, Piero Bottoni, Ezio Cerruti, Ignazio Gardella, Ernesto Nathan Rogers

manifesto degli architetti razionalisti milanesi. Nel Piano AR, la rottura della forma monocentrica anulare e lo sviluppo verso nord hanno come supporto la creazione di due assi attrezzati, ovvero due autostrade urbane che attraversano la città intersecandosi in pieno centro, lungo le quali si attestano i più importanti servizi metropolitani. Tale modello intende opporsi al processo di crescita compatta e radiocentrica sancito dai piani precedenti, fissando nelle direttrici preferenziali di crescita e nell'azonamento i presupposti fondamentali del piano regolatore.

Tuttavia, solo dopo la guerra e con la definizione del Piano del 1953 (Fig.6), il

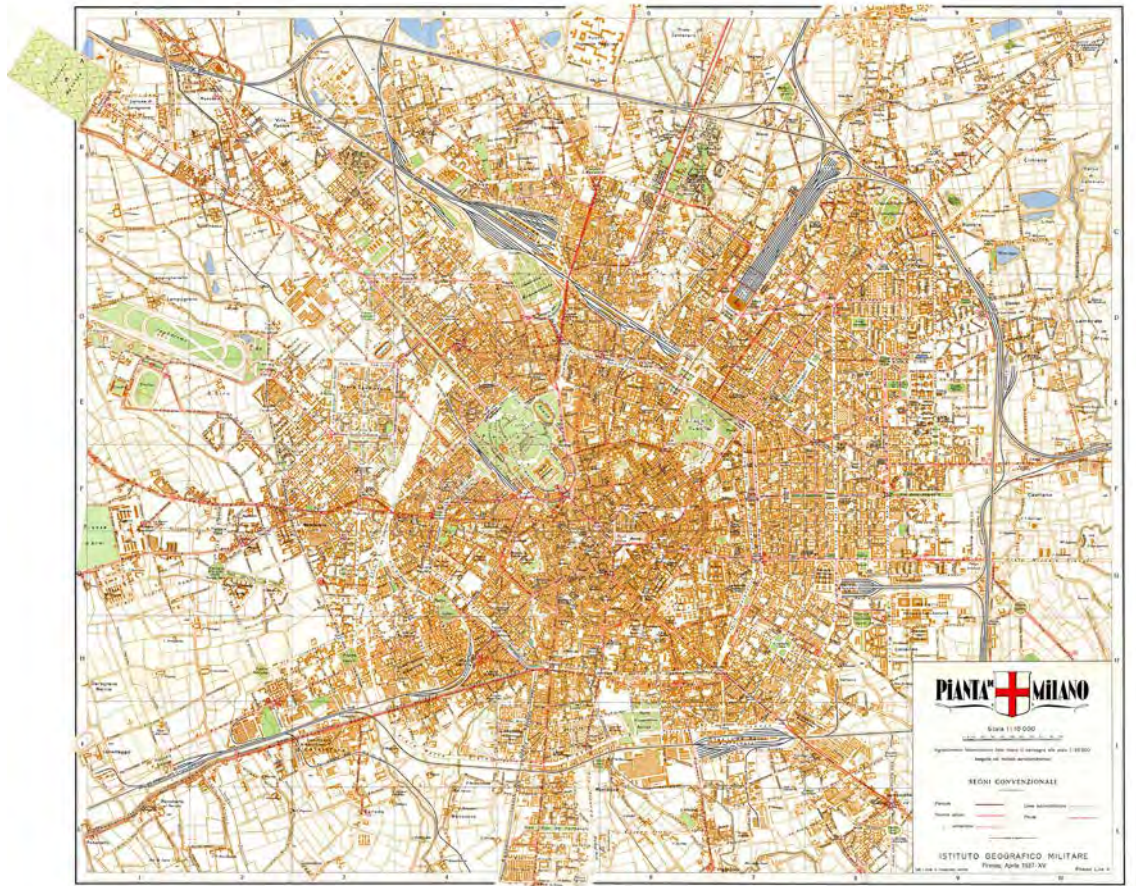


Figura 5 – Pianta di Milano, 1937 – Istituto geografico militare, Firenze, Aprile 1937-XV |
Fonte: www.stagniweb.it

rapporto storico tra rete infrastrutturale e sistema produttivo cambia per la prima volta, per passare ad un rapporto strategico tra accessibilità e localizzazione dei nuovi servizi informativi, direzionali e funzionali alla crescente domanda della città. Si concretizza inoltre la reale specificità dell'area in chiave regionale e delle accessibilità intese come possibile scambio di servizi e informazioni tra la città di Milano e il resto della Lombardia. Il Piano del '53 nasce sulla spinta innovativa di una visione di crescita economica e urbana esponenziale, dettata dalla voglia di ricostruzione. Infatti, non a caso le prime commissioni di studio sulle indicazioni normative della legge urbanistica vengono istituite a Milano proprio per la redazione del nuovo Piano Regolatore.

Durante il secondo dopoguerra il paesaggio produttivo si amplia e si arricchisce di una serie di siti industriali anche nella fascia sud dello scalo. Depositi, capannoni,

strutture manifatturiere e sedi aziendali si collocano negli isolati tra via Brembo-Lorenzini, viale Ortles e via D'Agrate-Quaranta. Questa vocazione funzionale produttiva è sostenuta da decisioni che sono rimaste invariate nel susseguirsi dei piani regolatori, attribuendo all'area una destinazione industriale o a funzione mista. Questa tipologia di paesaggio è il risultato dettato dai piani dell'immediato dopoguerra, dal PRG del 1953, da quello del 1976, fino alle varianti dei piani degli anni Ottanta.

Il Piano Regolatore del 1953 prevede inoltre la costruzione di nuovi quartieri in aree periferiche, da cui vengono realizzati grandi quartieri di edilizia sociale in molteplici parti della città. Nell'area di riferimento del sud-est di Milano, i principali interventi iniziati prima e in parallelo al PRG si riferiscono al grande complesso dei quartieri Gabrio Rosa (1951), Omero (1951-1962), Barzoni (1953) e Gamboloita⁸ (1949-1952), tutti costruiti attorno a viale Omero e piazzale Gabriele Rosa. Un caso d'intervento residenziale privato degno di nota è il quartiere Grigioni (1953-1962), nei pressi di piazzale Corvetto e viale Lucania, il quale è stato realizzato con una varietà tipologica interessante e la presenza di ampie e diffuse aree

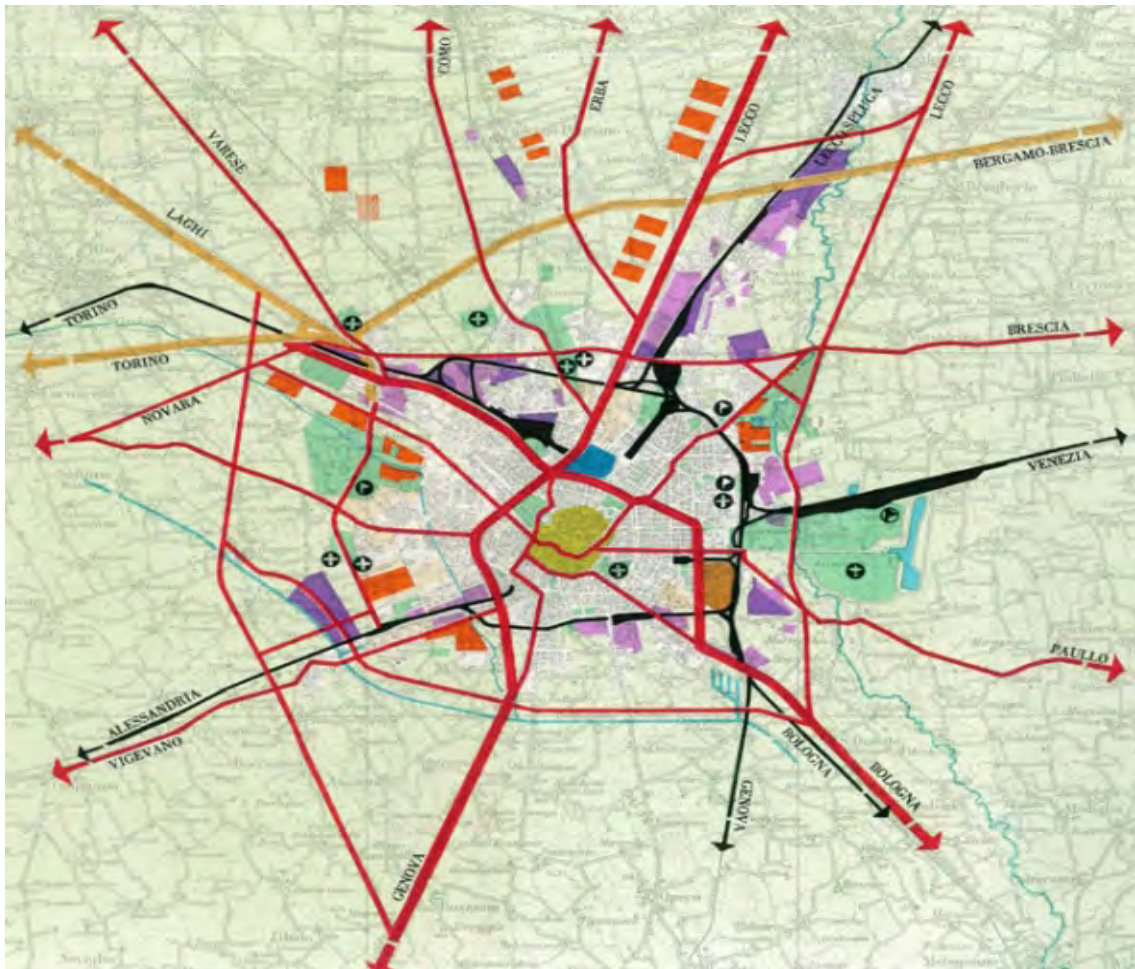


Figura 6 – Vista in dettaglio dello schema territoriale del PRG del 1953 | Fonte: INU Lombardia

⁸ I nomi degli architetti che prendono parte alla progettazione di questi interventi sono rilevanti: Ireneo Dotallevi, Arrigo Arrighetti, l'ufficio tecnico dello IACP e quello dell'Ina-Casa.

verdi. Il quartiere Grigioni si è dimostrato un esempio di intervento privato con effetti e valenze a livello urbano, ed è stato arricchito ulteriormente di servizi di quartiere, tra i quali una chiesa con annessi oratorio e centro culturale, e delle scuole per l'infanzia, primarie e secondarie (realizzate però solo a partire dai primi anni Settanta).

In questi anni viene costituito da 35 Comuni (incluso Milano) il Centro studi per il Piano Intercomunale Milanese (PIM)⁹ (Fig.7). Esso darà, nei primi anni Novanta un contributo fondamentale per la stesura del successivo Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, con il quale si fa strada l'ipotesi di riorganizzazione policentrica dell'area metropolitana.

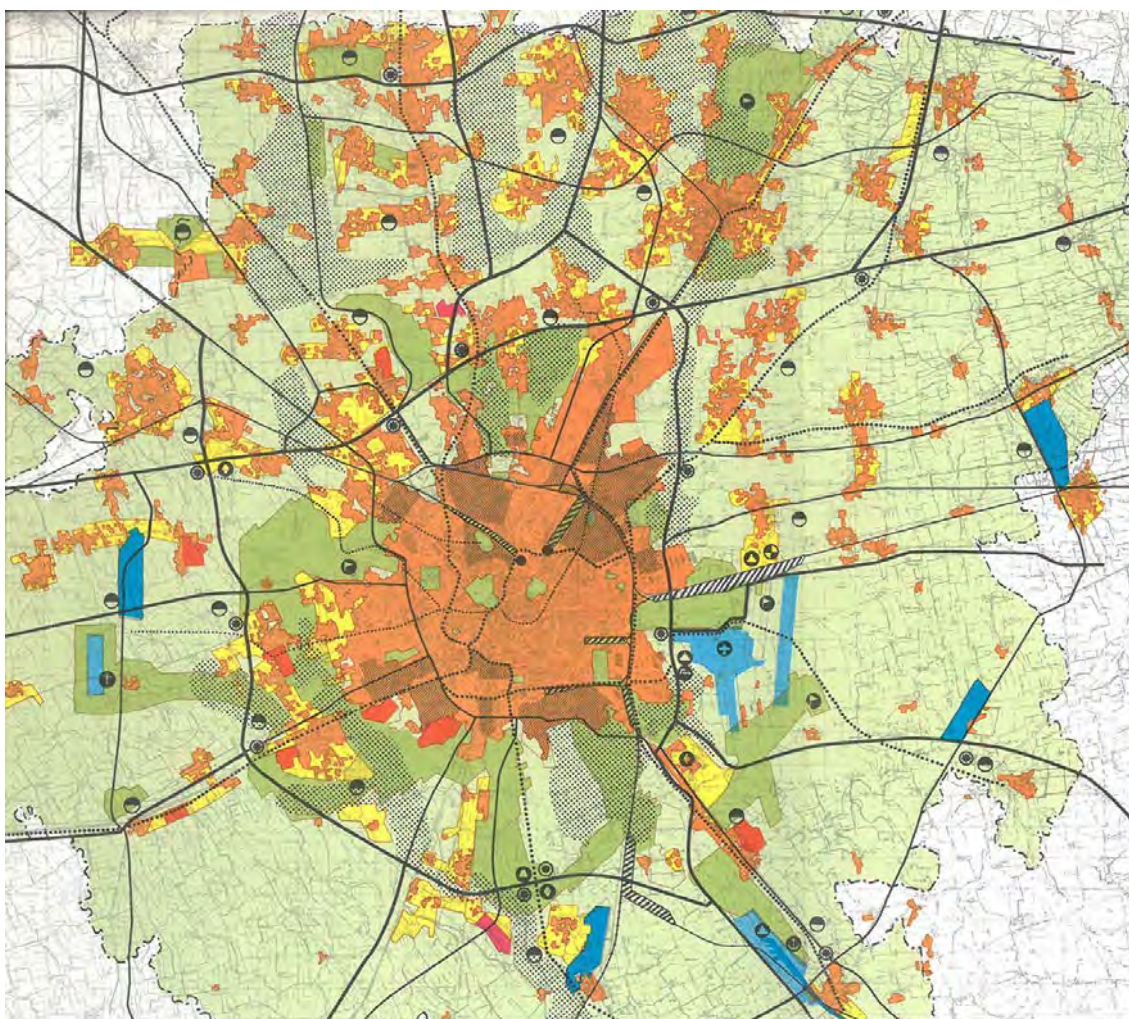


Figura 7 - Proposta di Piano Intercomunale Milanese, 1965. |Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/

Un altro importante settore di pianificazione a scala sovracomunale è orientato alla realizzazione di un sistema di aree protette rappresentato dai grandi parchi metropolitani. In relazione a questa specifica politica, dalla metà degli anni

⁹ Nel 1955, l'Amministrazione Comunale di Milano inizia ad avvertire i primi sintomi dell'esplosione metropolitana verso i comuni della cintura esterna. Vengono instaurati rapporti diretti con il Ministero dei Lavori Pubblici ed emerge l'idea della formazione di un Piano Intercomunale. Nel 1959, con Decreto del 28 febbraio, il Ministro dei Lavori Pubblici Togni dispone la forma del Piano Intercomunale per l'area milanese, estendendo i confini a 35 Comuni contermini, affidandone l'elaborazione al Comune di Milano.

Settanta, si avviano le realizzazioni del Parco Agricolo Sud, del Parco di Trenno, del Parco Nord e del Parco delle Groane. Alla fine degli stessi anni, nuove dinamiche cambiano ancora profondamente la geografia degli insediamenti e le morfologie fisiche e sociali del territorio metropolitano, di cui diviene sempre più difficile delimitare i confini amministrativi e che viene ormai definito più appropriatamente “regione urbana milanese”.

Negli anni Settanta, la popolazione di Milano si distribuisce secondo un nuovo modello. La perdita di abitanti nelle aree entro la cerchia dei Navigli, ma anche nella fascia intermedia fino alla circonvallazione esterna, avvia il processo di espansione verso sud, in cui il territorio è ancora in gran parte libero e destinato ad attività agricole oppure all'edificazione di quartieri di edilizia economica e popolare.

Il piano del 1976 mostra elementi innovativi per quanto concerne la dotazione complessiva di standard e servizi: rappresentano scelte di rilievo la realizzazione di una *green belt* attorno alla città per limitare ulteriori espansioni, l'aumento del verde pubblico pro-capite e i vincoli nell'utilizzo delle ultime aree libere centrali. A seguito del piano si innesca il meccanismo delle varianti, che confermano la destinazione prevalente a zona mista dell'intera area limitrofa allo scalo di Porta Romana. Una scelta che ha determinato la separazione di isolati produttivi da quelli residenziali, con ricorrenti carenze in termini di qualità ambientale. Per far fronte al sempre crescente fabbisogno abitativo, il Piano del 1976 mira anche al recupero dell'esistente per l'edilizia residenziale. In questo generale contesto di trasformazione, di saturazione del territorio comunale milanese e di disordinato e intenso sviluppo dell'hinterland, si manifestano chiaramente le diseconomie legate al mancato adeguamento del sistema infrastrutturale, rimasto sostanzialmente invariato rispetto al secolo precedente.

1.4. Contesto attuale: vuoti urbani, edifici dismessi e l'esigenza di nuovi spazi

Nel corso degli anni Ottanta lo scenario cambia velocemente e in città il processo di dismissione degli impianti produttivi determina importanti cambiamenti nel quadro insediativo e socioeconomico. Una nuova valutazione del fabbisogno di edilizia residenziale dà origine al “Progetto Casa”¹⁰, il quale genera ulteriori modifiche all'azzonamento del Piano Regolatore nelle aree periferiche. Vengono realizzati i quartieri Pismonte (1979) e San Dionigi (1976-1980), caratterizzati dalla realizzazione di torri di 17-20 piani e da edifici in linea più bassi che ridisegnano il limite tra la città e il Parco Agricolo Sud. Inoltre, viene proposta

10 Il “Progetto Casa” è stato presentato al Consiglio Comunale nel luglio 1982 e approvato nel novembre dello stesso anno. Si tratta di un aggiornamento della Variante Generale, contenente un'integrazione delle previsioni di nuovi insediamenti residenziali e di notevoli previsioni di nuova edificazione. L'aumento della capacità insediativa del piano veniva ottenuto attraverso una serie di provvedimenti che andavano dalla riprogettazione dei lotti con un aumento delle densità edilizie, all'individuazione di nuovi lotti o all'aumento degli indici di edificabilità. Il progetto ha portato un sostanziale incremento delle previsioni residenziali, introducendo oltre 28.000 nuove stanze in 19 aree di intervento per nuove edificazioni.

l'integrazione delle linee locali delle Ferrovie Nord Milano con le linee nazionali e la conseguente realizzazione di un Servizio Ferroviario Regionale (SFR), a sua volta integrato con la rete di metropolitana. L'ingresso in servizio del passante non solo sveltirà i servizi ferroviari regionali, trovando una migliore integrazione con la rete dei trasporti urbani sotterranei e di superficie, ma creerà anche le interconnessioni con la rete dei treni ad alta velocità nelle stazioni di Rogoredo-Pioltello e di Rho-Però. La città di Milano avrà sviluppato in questo modo un sistema ferro-tranviario integrato con il suo vasto hinterland, finalmente alla pari di quelli presenti già da decenni nelle tante altre metropoli europee.

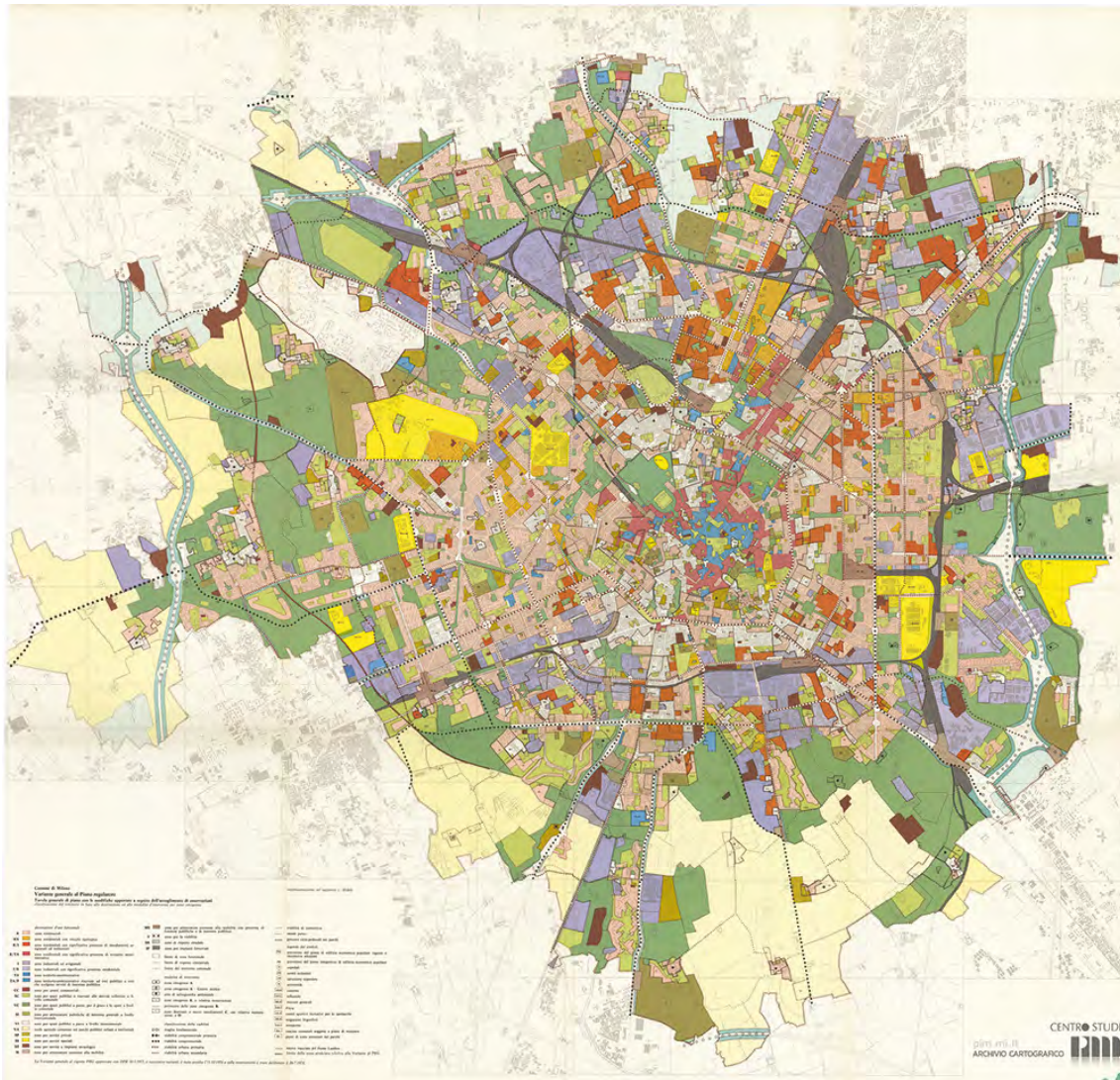


Figura 8 – Variante generale al PRG del Comune di Milano del 1980 | Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/

La pianificazione e la programmazione degli anni Novanta incominciano ad affrontare la questione della dismissione industriale, avviando alcuni progetti di riconversione e di trasformazione funzionale che interessano direttamente il contesto di Porta Romana. Questo è il caso dei due PRU (Programmi di

Riqualificazione Urbana), nell'area ex OM¹¹ ed ex TIBB¹². Negli stessi anni inoltre sono stati fatti importanti passi avanti per quanto riguarda la qualità dello spazio pubblico nel quadrante. Nel 1990 nasce l'Ente Parco Agricolo Sud Milano, un elemento considerevolmente fondamentale sia per l'incremento degli standard di verde pubblico, sia per la limitazione all'espansione urbana.

Negli anni Novanta viene avanzata la proposta "Nove Parchi per Milano"¹³ (Fig.9), con approfondimenti specifici anche per la zona sud-est. L'ipotesi progettuale prevede la realizzazione di nuovi parchi pubblici ad occupare il posto di nove aree dismesse. Tra le aree nella zona sud-est destinate al verde rientra l'ex scalo di Porta Romana con le adiacenti aree ex OM e di Porta Vittoria, mentre a maggior distanza verso la zona sud-ovest, anche lo scalo ferroviario di Porta Genova-Naviglio Grande è incluso nella proposta. Vengono avviati i PRU della ex OM ed ex TIBB, che costituiscono esempi di riconversione con una specifica attenzione alla realizzazione di dotazioni a verde e servizi.



Figura 9 - Nove parchi per Milano, 1995 | Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/

11 Officine Meccaniche, che a fine 1800 costituivano uno dei più importanti insediamenti industriali della città per la produzione di autocarri, con un organico di circa 4000 operai, vengono dismesse a metà degli anni '80 e l'intera area viene individuata come ambito di intervento nel progetto "Nove parchi per Milano" promosso dal Comune di Milano nel 1995.

12 Tecnomasio Italiano Brown Boveri, nota anche con l'acronimo TIBB, era un'azienda italiana del settore meccanico, operante nella progettazione e costruzione di treni, tram, rotabili ferroviari, impianti di segnalamento e sicurezza, oggi non più esistente perché confluita in Bombardier; ha inoltre realizzato equipaggiamenti elettrici di filobus.

13 Proposta sviluppata da Cecchi, Lima, Nicolin e Traversi.

Un ulteriore elemento di novità nel contesto sud-est della città di Milano è la proposta dei “raggi verdi”¹⁴ (Fig.10), *promenades* costituite da parchi e viali che partendo dal centro della città si uniscono radialmente ai parchi periurbani, tra cui il Parco Agricolo Sud. L’attuale PGT individua nel settore urbano sud-est tre aree di trasformazione urbanistica (ATU) maggiori e molteplici ambiti di rinnovamento.

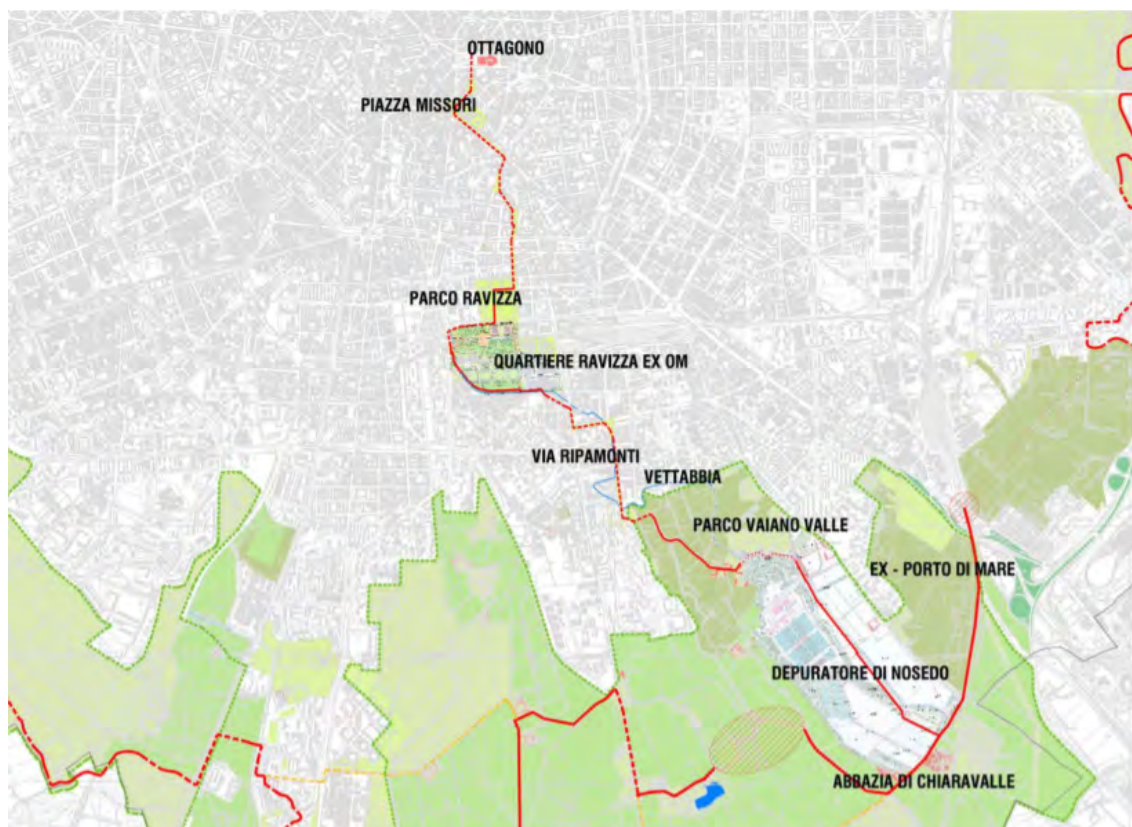


Figura 10 - Raggio Verde nel sud-est di Milano, n.R4 | Fonte: http://www.raggiverdi.it/raggi_verdi.htm

Lo scalo di Porta Romana, lo scalo Rogoredo, l’ambito Toffetti e quello di Porto di Mare sono aree di notevole estensione territoriale, riconosciute come considerevoli snodi per un riassetto globale del sistema degli spazi pubblici. Le occasioni di riconnessione, di progettazione di nuove aree verdi e di sistemi urbani potrebbero determinare profonde mutazioni sia alla città consolidata a nord dello scalo, sia a sud di esso nell’area delimitata dagli assi radiocentrici di corso Lodi – via Emilia e di via Ripamonti. La realizzazione delle ATU sopracitate potrebbe portare anche ad una nuova edilizia residenziale sociale, in forma convenzionata e agevolata. Il PGT, infatti, prevede specifici indici di utilizzazione da destinare alla realizzazione di edilizia sociale, rivolta ad un’estesa domanda di abitazione che non trova risposta nel libero mercato. Data la presenza di molteplici ATU nella zona sud-est, si può ipotizzare che il panorama di abitazione sociale sarà ulteriormente ampliato. Si prospetta, quindi, un consistente cambiamento

¹⁴ Sono un progetto dello studio Land e AIM e promosso dal Comune di Milano - Settore Sviluppo del Territorio e Settore Arredo, Decoro urbano e Verde per una nuova rete di percorsi pedonali e ciclabili che arricchisce di verde il tessuto urbano: ciò per migliorare gli spostamenti nella città e la vita quotidiana di tutti i cittadini.

funzionale e morfologico, che si dovrà confrontare con le specificità storiche e funzionali di questo luogo, valorizzando le preesistenze e completando l'offerta funzionale complessiva del contesto.

Per comprendere al meglio l'attuale stato dell'area è opportuno identificare le trasformazioni in corso e la rete di iniziative attualmente presenti nell'area dello Scalo Romana, che ad oggi rappresenta una delle aree in maggiore evoluzione della città. Nel capitolo seguente tale argomento verrà approfondito, prendendo in particolare considerazione i progetti di trasformazione del nuovo Polo museale di Fondazione Prada (completato nel 2018) e di Symbiosis, al momento in esecuzione a sud della Fondazione Prada.

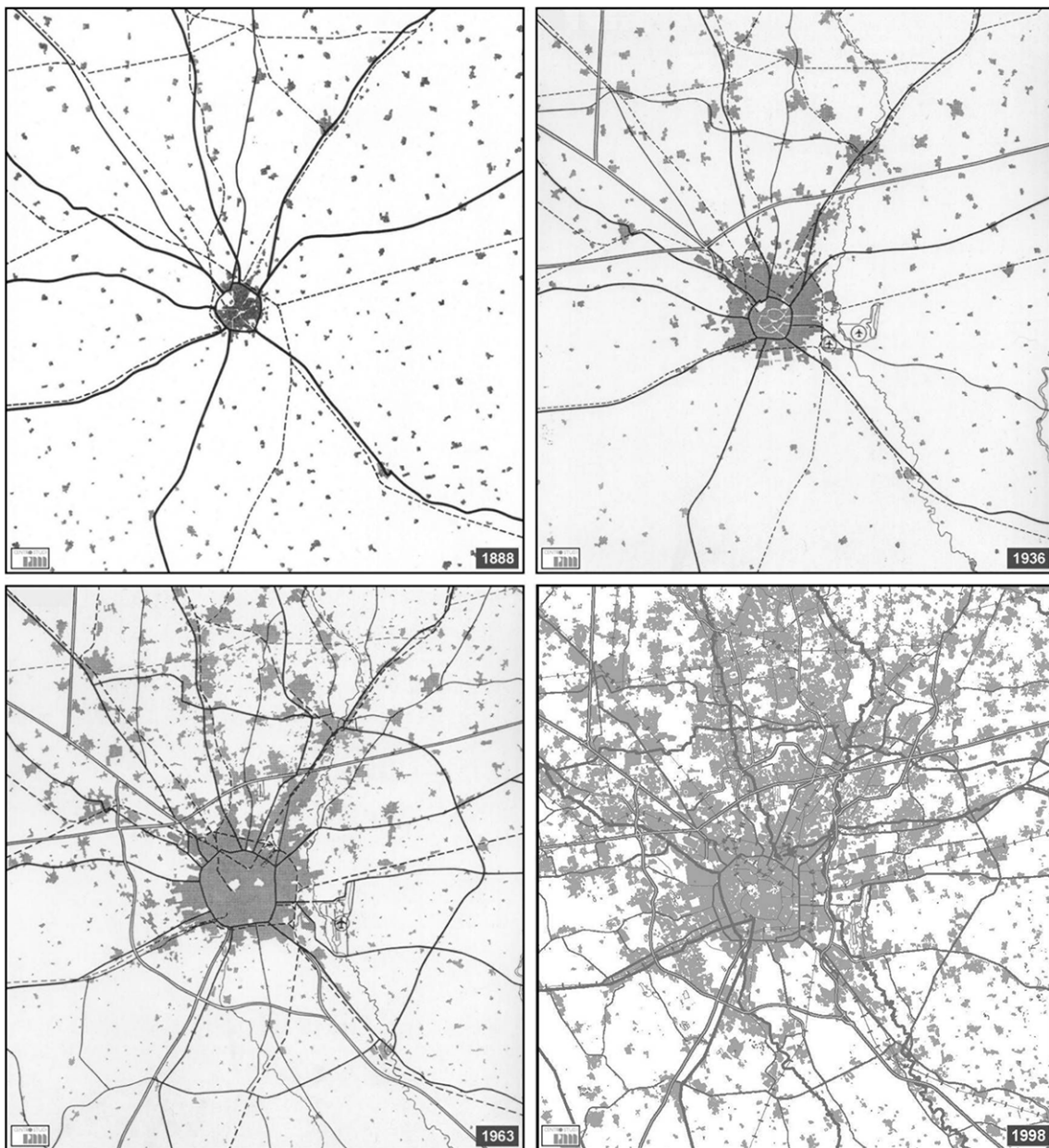


Figura 11 - Macchia grigia – 1888 / 1936 / 1963 / 1998 | Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/

2. Un quartiere in cerca di città

Lo sviluppo urbano di Milano è fortemente influenzato dalla struttura della rete ferroviaria per il trasporto di merci e persone. I grandi scali ferroviari, che erano soliti fornire servizi per il sistema produttivo, hanno oggi perso la loro ragion d'essere in seguito alla delocalizzazione degli impianti industriali e alle dinamiche di terziarizzazione della città. Si tratta di grandi aree abbandonate o in procinto di essere abbandonate con una superficie totale di oltre 1.300.000 metri quadrati, localizzate principalmente nella cintura urbana che circonda città dense, solitamente in ambienti densi.

2.1. Quello che prevede il PGT

Lo scalo Romana, in ottica progettuale, è una delle opportunità di trasformazione contenuta nel sistema degli Epicentri¹⁵ indicate nel PGT. Il Documento di Piano avanza, attraverso l'indicazione di alcuni importanti temi d'interesse collettivo per la città, un programma aperto per 14 grandi trasformazioni pubbliche da avviare all'interno di Milano nei prossimi anni, veicolato da una sorta di "dispositivo urbanistico", flessibile ed aperto, finalizzato a suggerire idee complessive di grande respiro e scala d'azione, e a loro volta capaci di:

- innescare dibattiti pubblici, costruttivi e ampiamente partecipati;
- stimolare la predisposizione di concorsi e competizioni in ambito pubblico;
- indirizzare le trasformazioni e le risorse derivanti dagli sviluppi privati;
- attivare percorsi di sussidiarietà concreta nell'interesse dei milanesi.

Lo scalo Romana ha un forte impatto sul sistema urbanistico milanese in quanto compare in numerosi progetti, che si prevedono una futura Milano, tra cui il Ring dei Viali delle Regioni, la Cintura Verde ed i Raggi Ciclabili, la Circle Line e la Greenway Sud, la Ferrovia fra S. Cristoforo e Rogoredo.

Il Ring dei Viali delle Regioni

Un tema che attraversa le diverse parti di città è quello dei Viali delle Regioni, definito generalmente dai milanesi "cerchia di mezzo". Il grande anello (viale Tibaldi, Liguria, Cassala, Bazzi, Serra, Bacula, Jenner, Lunigiana, Abruzzi, Umbria etc..) si pone come limite tra ciò che si considera, usando una definizione semplicistica, "centro storico" e ciò che viene altrettanto banalmente definito come città normale.

Questo anello assume come riferimento la traccia della prima circonvallazione milanese che nel Piano Beruto del 1888 nasceva come luogo moderno, pensato nell'ottica dell'impiego di mezzi di trasporto come il tram e la ferrovia. La sua struttura urbana consiste già oggi in un sistema continuo basato su una tipologia di strada costituita da due carreggiate laterali e da una vasta area al centro,

¹⁵ Il termine Epicentro è utilizzato in modo figurato per spiegare l'effetto "ad eco" di una trasformazione urbana sul tessuto non interessato direttamente da tale sviluppo. Se ne dà un'accezione positiva rispetto all'utilizzo comunemente fatto del termine

occasionalmente utilizzata per il passaggio in sede dei mezzi pubblici (linea 90-91). Da un punto di vista della mobilità si tratta dell'unica vera circle di mobilità pubblica già presente a Milano. Le alberature si sviluppano lungo tutto il tratto dei viali, permettendo al verde di accompagnare il tragitto circolare intorno alla città e diventando, così, un elemento caratterizzante di questo spazio, che misura quasi costantemente 50 metri lineari da marciapiede a marciapiede. Attualmente,

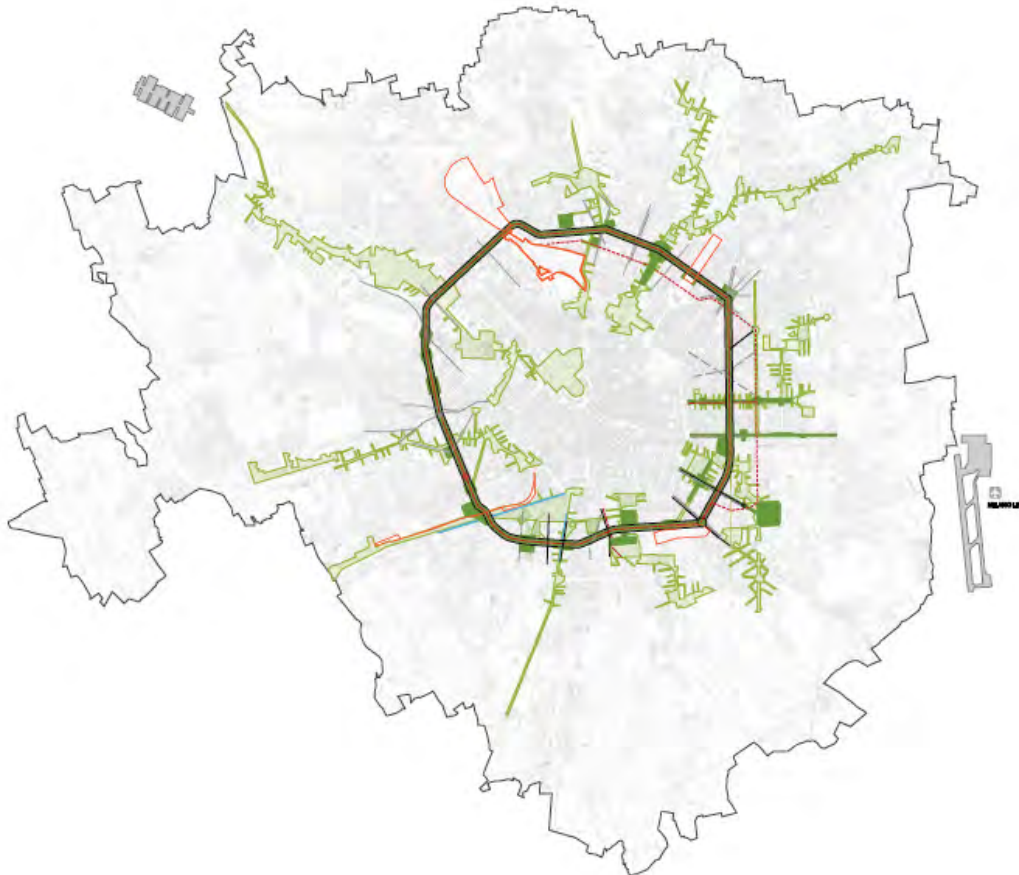


Figura 12 - Schema di progetto | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

la porzione centrale di tale sezione stradale, per la maggior parte della sua estensione, si presenta come un lungo accatastamento di auto parcheggiate. Solamente in alcuni tratti sono state progettate corsie preferenziali per i mezzi pubblici (Fig. 12).

Con la sua ampia sezione, l'anello rappresenta un'occasione straordinaria per immaginare un sistema pubblico di circle (una sorta di lunga ramblas ad anello) capace di connettere giardini urbani esistenti, di individuare sul suo tracciato luoghi di centralità dove posizionare funzioni di interesse pubblico, servizi di quartiere, grandi servizi, luoghi simbolici per la vita pubblica della città (Fig.13). In conclusione, il sistema dei Viali delle Regioni, offre l'opportunità di dotare Milano di un esercizio di trasporto pubblico innovativo e trasformare questo sistema circolare in un grande boulevard urbano ricco ed efficiente. In quest'ottica la città pubblica viene concepita come luogo vissuto da tutti e fulcro di attività sociali ed economiche. Se le opportunità indicano un indirizzo per la predisposizione di



Figura 13 - Aree per servizi esistenti | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

un progetto unitario, la sua programmazione (anche funzionale) deve variare a seconda del contesto e della parte di città che la circola attraversa:

- A sud, il tracciato della 90-91 viene rafforzato ancora di più dal sistema ferroviario, che scorre ad esso parallelo. Insieme, formano una sorta di complessa e ricca collana di connessione a sud, caratterizzata da spazi pubblici (nuovo parco Porta Romana, parco Ravizza, parco Pompeo Leoni, giardini di via Tibaldi, nuovo parco del Trenno), funzioni di carattere universitario (Iulm a Romolo, Naba nell'ex Sieroterapico, Bocconi in via Bocconi, in via Roentgen, in viale Isonzo), servizi residenziali per studenti (area ex Centrale Latte, area Pompeo Leoni, ATU ex scalo Romana) tra l'area est di Rogoredo e quella ovest dei Navigli;
- Anord, la Circle delle Regioni attraversa altri importanti ambiti di trasformazione, che possono contribuire all'avvio di questo grande progetto urbano pubblico: ATU ex scalo Farini e ATU Magazzini raccordati Stazione Centrale;
- Ad est, il progetto intercetta l'area di Forlanini;
- Ad ovest, il progetto intercetta l'ATU San Cristoforo.

Sono, questi, luoghi strategici per la realizzazione di una così ambiziosa trasformazione urbana. Il progetto complessivo, inoltre, potrebbe costituire anche l'occasione per riqualificare alcuni edifici pubblici esistenti che si attestano

su questo spazio circolare (come, ad esempio, i mercati coperti rionali di viale Umbria).

La cintura Verde e i Raggi Ciclabili

Questo tema è uno dei più importanti per un assetto urbano che si voglia definire concretamente sostenibile. La Cintura Verde è un percorso ciclabile circolare di 72 km lineari, che insieme ai più di 150 km che attraverseranno Raggi Verdi ed Epicentri, disegna la nuova rete continua di percorsi ciclabili della città di Milano. Gli spazi aperti “puliti” (green field) di Milano, di notevoli dimensioni e non ancora consumati (parchi di cintura, suoli agricoli, rive fluviali, etc.), sono localizzati nelle

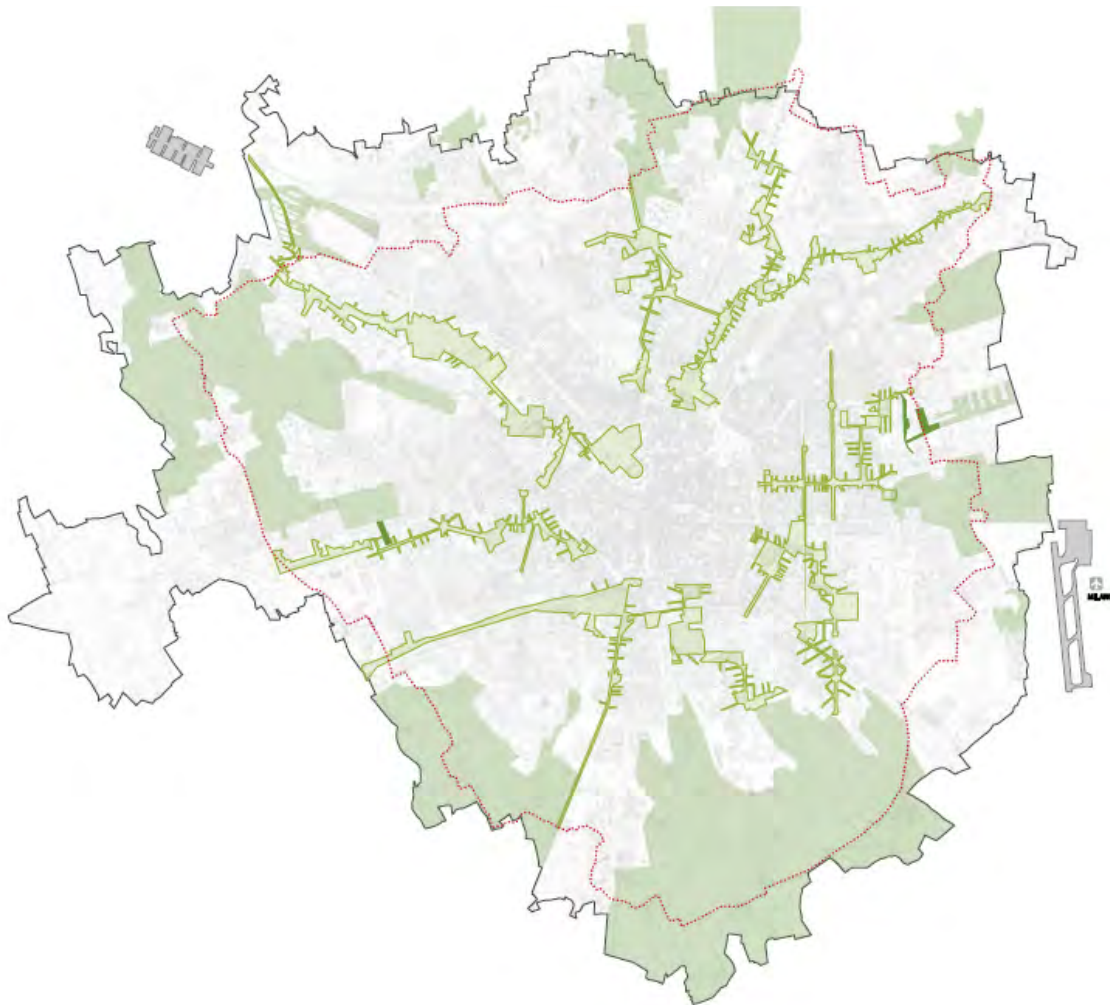


Figura 14 - Schema di progetto | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

aree periurbane della città, parti di territorio che pur essendo state ripensate da un punto di vista organizzativo e funzionale e trasformate in veri e propri parchi urbani, rimarranno tra loro scollegate a causa di urbanizzazioni che impediscono il progetto di un unico grande anello verde continuo (Fig. 14).

L'idea contenuta nel progetto della Cintura Verde, dei Raggi e degli Epicentri, avanza, invece, l'opportunità di mettere a sistema tutti i frammenti verdi della corona periurbana attraverso un lungo percorso ciclabile, che insieme ai servizi ad esso connessi (interscambio auto-bicicletta, luoghi per pic-nic, fermate di

mezzi pubblici, luoghi di ristoro e ricreativi, bar, aree di sosta, etc.), diviene uno dei più significativi progetti urbani pubblici da realizzare la Milano del futuro. I Piani di Cintura Urbana (PCU) costituiscono, oltretutto, importanti “polmoni” di interconnessione tra città e campagna; veri e propri filtri in grado anche di ridefinire il futuro assetto metropolitano della città (Fig. 15).

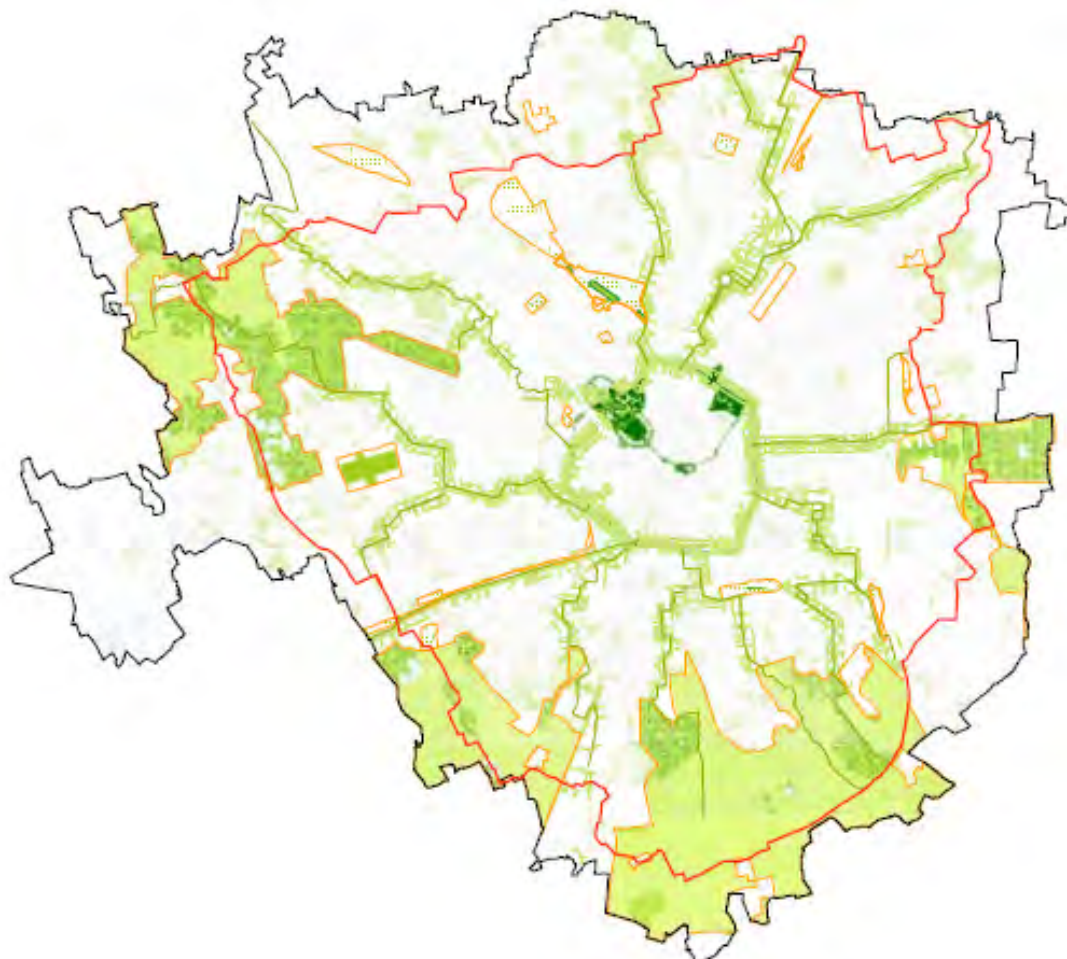


Figura 15 - Sviluppo di progetto | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

Circle Line

Il PGT prevede una rete di trasporto su ferro che metta a sistema le diverse radiali milanesi e faccia da supporto agli ambiti di trasformazione (Fig. 16-17). Il tracciato ferroviario attuale corre a breve distanza dal centro storico della città, in prossimità di aree importanti e centrali, attraversando la città compatta. Per questo motivo è interessante considerare il tracciato del ferro non solo come una risorsa della mobilità territoriale (da Milano al territorio e dal territorio a Milano) ma anche come una risorsa della mobilità interna alla città. Se messa a sistema con le linee metropolitane esistenti (MM1, MM2, MM3, MM5), programmate (MM4) e con le linee di forza previste, la ferrovia costituisce il principio di un potenziale anello, una circle line che risponde alla necessità di sviluppare la rete dei flussi. A sud, da San Cristoforo fino a Rogoredo; ad est da Porta Romana fino a Lambrate, passando per l'area dell'Ortomercato; a nord da Centrale si divide passando per lo scalo Farini e per lo scalo di Greco per ricongiungersi poi a nord

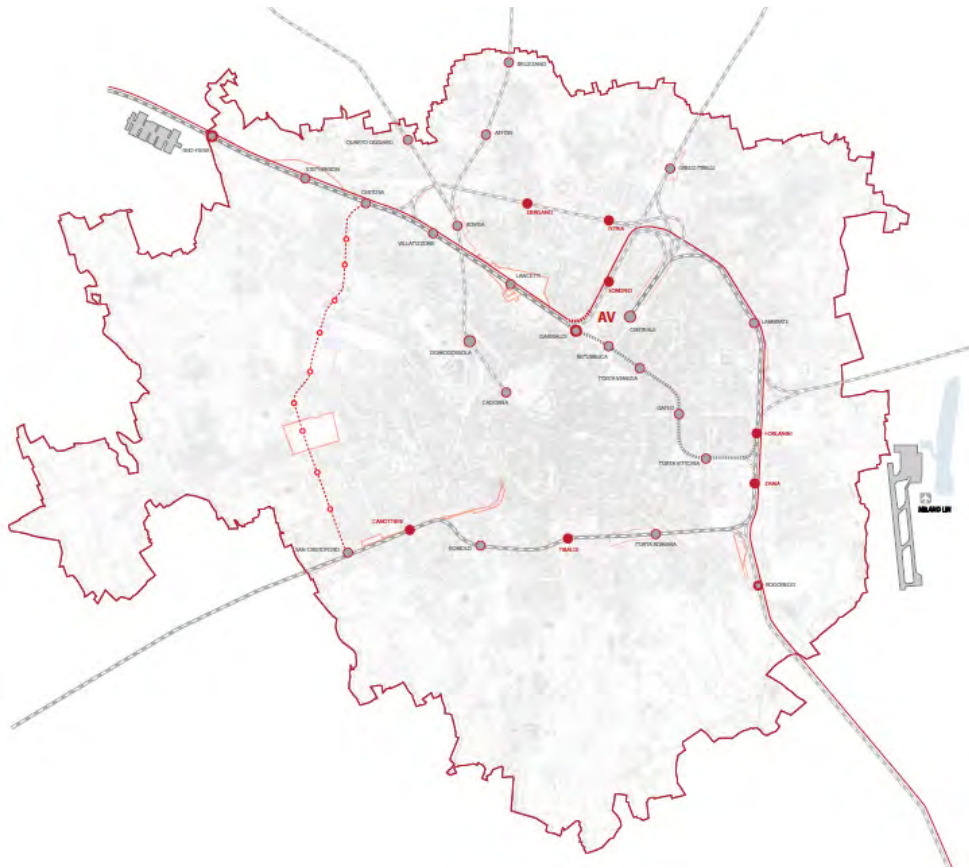


Figura 16 - Schema di progetto | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

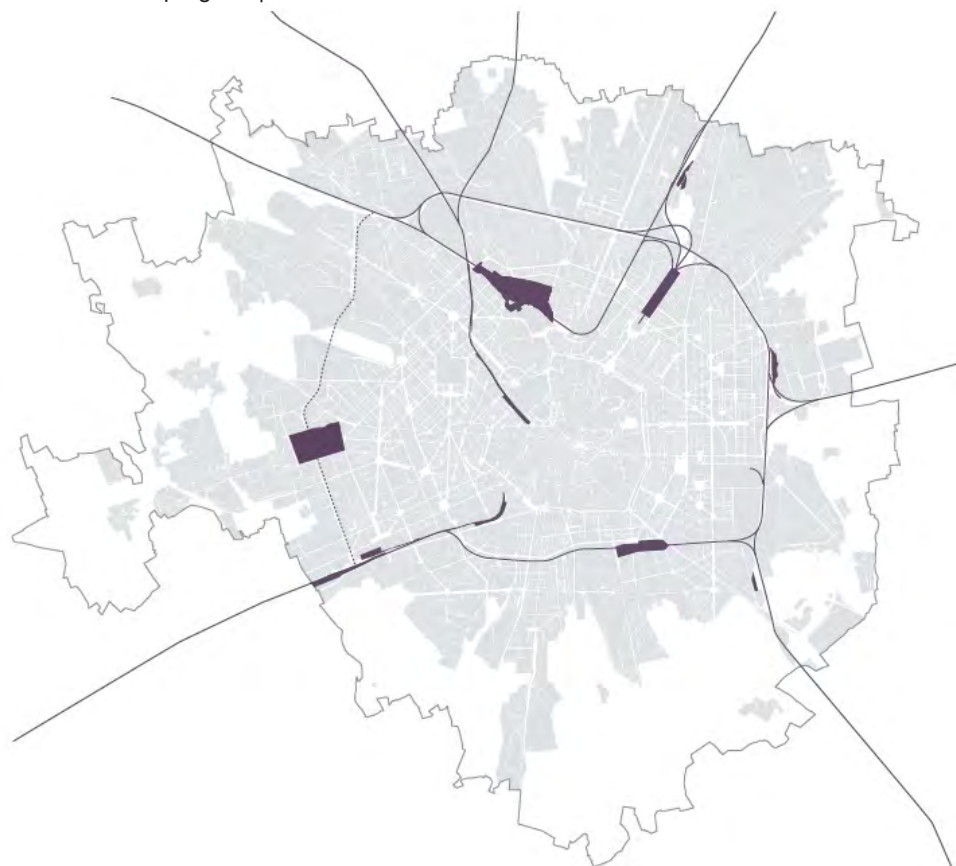


Figura 17 - Ambiti di trasformazione | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

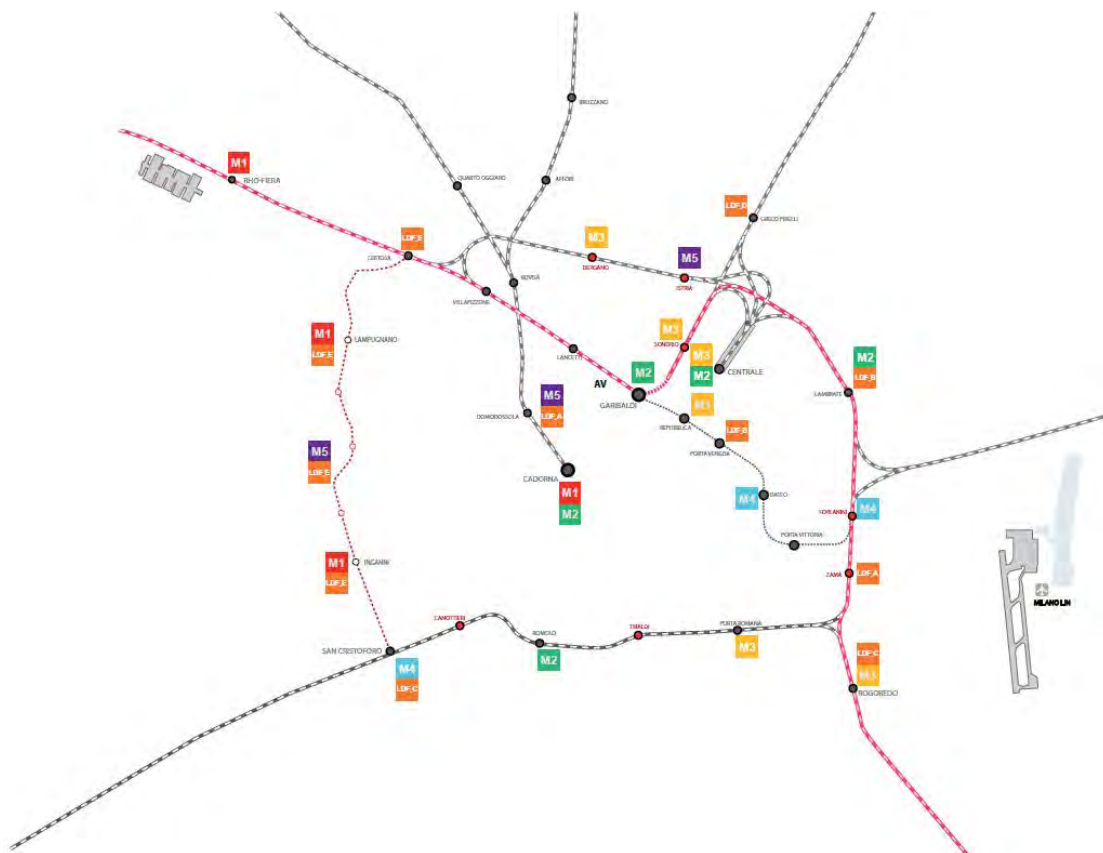


Figura 18 - Nodi di interscambio fra le linee ferroviarie, le linee metropolitane e le linee di forza. | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

di Bovisa. La chiusura e il completamento di questo sistema circolare avviene attraverso il nuovo tracciato della LDF E ad ovest. Il piano prevede una circle “mista”, costituita da diversi sistemi di mobilità pubblica, sulla base di un modello che si sovrappone al sistema radiale delle attuali metropoli-tane, che le collega trasformando il modo di spostarsi sul territorio (Fig. 18).

Nell’ottica di tale strategia è necessario considerare la ferrovia e la metropolitana non tanto da un punto di vista dei diversi sistemi di trasporto, quanto da un punto di vista dell’uso dell’infrastruttura, del servizio ai cittadini, della domanda capillare e diffusa sul territorio.

Sui tre lati esistenti (sud, est, nord) si prevedono nuove fermate affinché possano essere serviti tutti i quartieri che la linea intercetta. Le fermate esistenti Porta Romana, San Cristoforo, Centrale rappresentano le occasioni per sottolineare l’importanza e la strategicità dei nodi esistenti attraverso un progetto architettonico di nuove stazioni.

Un primo tema di progetto di tali stazioni consiste nella necessità di rendere riconoscibile attraverso le stazioni stesse la complessità e la centralità del nodo urbano. Un secondo aspetto consiste nella proposta di una mixité di programma e nella tematizzazione funzionale delle nuove stazioni che sono in primo luogo edifici pubblici.

- Porta Romana, nuova stazione interscambio SFR + MM3;
- San Cristoforo, nuova stazione interscambio SFR + MM4 + LDF C + LDF E;
- Centrale, nuova stazione interscambio AV + FS + MM2 + MM3.

La Greenway a Sud, la Ferrovia fra S. Cristoforo e Rogoredo

L'ambito di progetto della Greenway¹⁶ Sud comprende alcune aree FS in prossima dismissione (ATU San Cristoforo, ATU Porta Genova, ATU Romana, ATU Rogoredo), le aree pubbliche di giardini urbani già esistenti (Parco via Tibaldi, Parco Ravizza, Giardini P.I.I. Om) ed in programmazione, oltre che, ovviamente, il sistema lineare compreso tra il sedime della ferrovia e Viale Tibaldi, Isonzo, Toscana (Fig. 19).

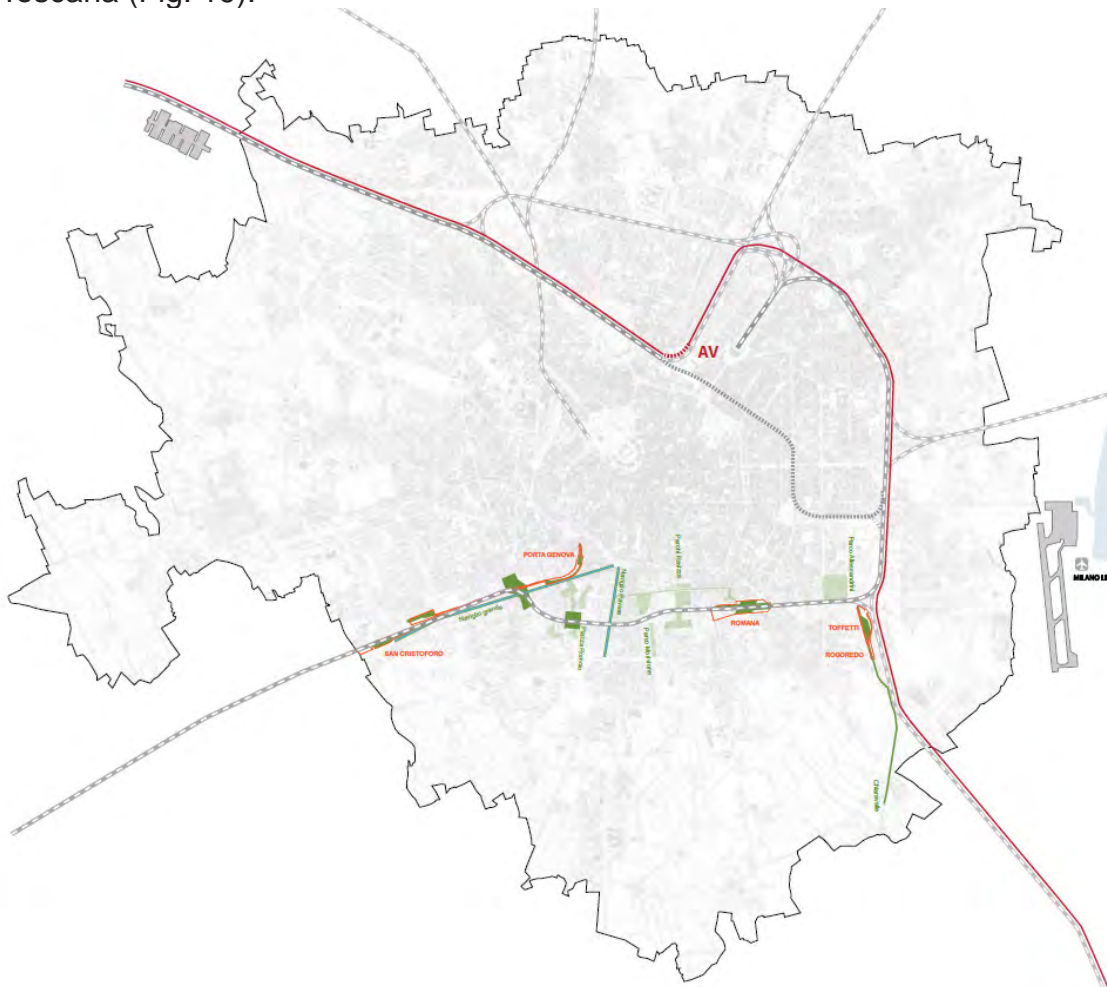


Figura 19 - Schema di progetto | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

Nella parte sud di Milano, in prossimità dello Scalo Romana, non mancano “i vuoti”, anche se spesso consistono in frammenti e aree dismesse o degradate (Fig. 20). A partire dal mutamento degli ambiti di trasformazione urbani di alcuni scali ferroviari dismessi, è quindi possibile sviluppare un sistema forte che si pone come nuovo baricentro dell’area sud della città e che, da elemento separatore,

¹⁶ Pista ciclo-pedonabile immersa nel verde, dove si può ottenere un tipo di turismo particolare, verde, lento, sostenibile, con la possibilità di valorizzare dei contenuti storici e culturali che si possono riscontrare lungo il percorso, altrimenti non valorizzabili.

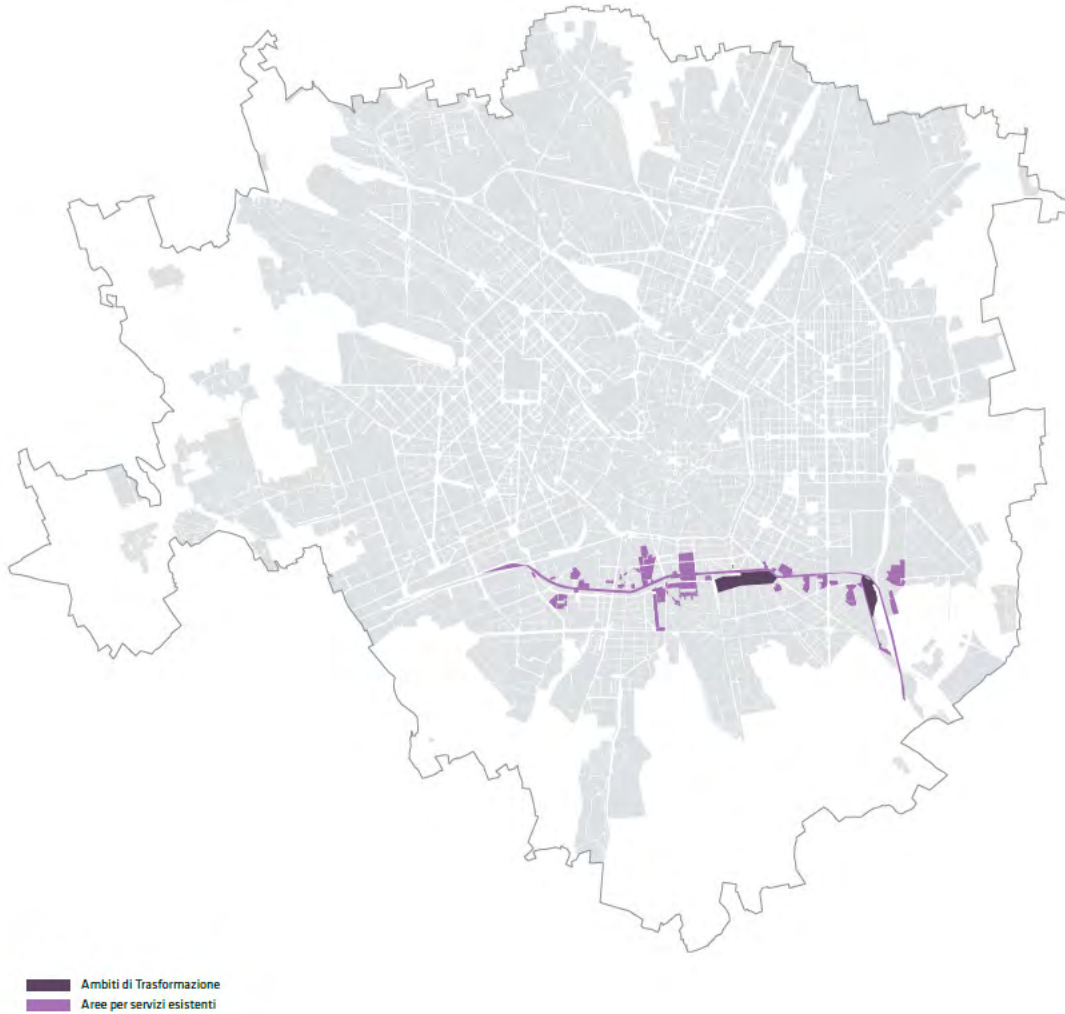


Figura 20 - Ambiti di trasoformazione | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

diventa elemento di unione e di connessione. La Greenway dev'essere la nuova struttura di supporto per lo spazio pubblico del margine a sud di Milano. In quest'ottica, risulteranno essere un valore aggiunto sia il progetto delle nuove stazioni F.S., previste sul tracciato esistente, che la mitigazione ambientale ed acustica della ferrovia e la costruzione di una ciclabile alberata protetta. L'obiettivo principale del progetto risulta essere la continuità ambientale lungo tutto il tratto

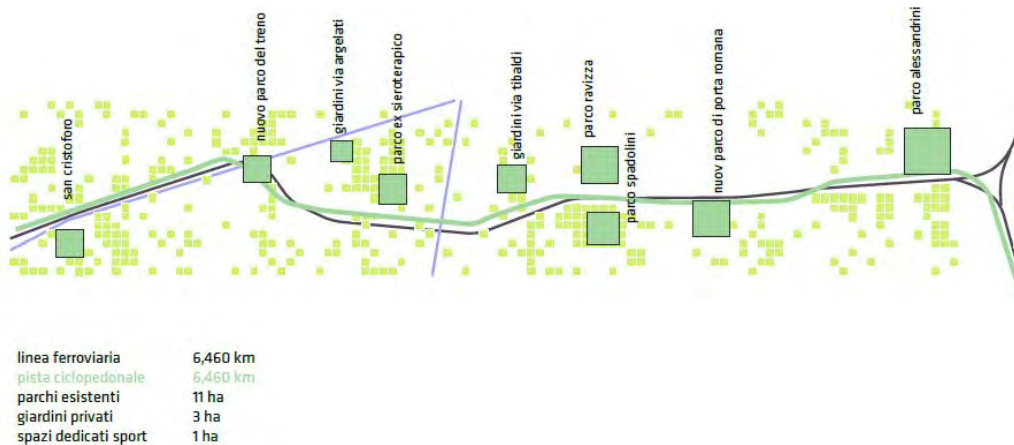


Figura 21 - Percorso ciclopedonale asse est-ovest | Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano

da San Cristoforo fino a Rogoredo, passando per Porta Romana, collegando tutti i parchi che si attestano lungo questo asse est-ovest (Fig. 21). La nuova ciclabile consentirà una mobilità lenta che inanellerà tutti i parchi, nuovi o già esistenti, come fosse il filo di una collana. Tre corridoi verdi s'incuneano, inoltre, in direzione Parco Sud per agganciarlo. Un grande progetto pubblico unitario che con poche azioni restituisce un'identità forte a tutto il sistema che dalla "Zona Tortona" si snoda lungo i viali sino alla zona di "Santa Giulia".

2.2. L'Accordo di Programma tra FS il Comune di Milano in quanto

Dal 2005 queste aree sono state oggetto di diversi accordi raggiunti tra il Comune di Milano e Ferrovie dello Stato S.p.A. Come confermato nella bozza del nuovo "Piano Territoriale di Governo", lo scopo è quello di determinare il piano di ricostruzione e di fattibilità della Regione Lombardia e individuarlo come area di trasformazione urbana. Nell'attuale fase di revisione del PGT, è necessario misurare i propri scenari e le proprie ipotesi relative al ruolo strategico di questo immenso patrimonio dal punto di vista delle qualifiche ambientali e proficue estese a città e aree metropolitane.

La consistenza complessiva del patrimonio FS, circa 1.300.000 mq di superficie territoriale (190.000 dei quali destinati a mantenere funzioni strumentali all'esercizio), è certamente notevole e concerne in particolare:

- lo Scalo Farini, col fascio binari di Garibaldi, per circa 500.000 mq, servito dalle stazioni Lancetti del Passante ferroviario e Porta Garibaldi delle FS;
- l'ex scalo di Porta Romana, di circa 220.000 mq, servito dalla cintura sud e dalle stazioni FS Porta Romana e MM3 Lodi TIBB;
- il tronco di linea e la stazione di Porta Genova, in esercizio ma destinata alla chiusura, per circa 100.000 mq, servite dalla fermata MM2 Porta Genova;
- l'ex scalo merci di Lambrate, contiguo alla stazione FS, con circa 50.000 mq estensione, servito dalla linea metropolitana MM2;
- l'area di S. Cristoforo, di circa 120.000 mq, lungo la linea per Mortara e prossima al Naviglio Grande ai confini con Corsico, già interessata da un progetto di raddoppio in fase di realizzazione;
- l'area residua dell'ex scalo merci di Rogoredo, a sud-est della città, di circa 30.000 mq, adiacente alla stazione FS Rogoredo, servita dalla linea metropolitana MM2;
- parte dello scalo di Certosa, a nord ovest della città, per circa 30.000 mq di estensione.

A questi si aggiungono poi altri due ambiti rilevanti a scala metropolitana: lo scalo delle Ferrovie Nord Milano a Cadorna (50.000 mq, in tangenza al Parco Sempione) e quello della Dogana FS di Segrate, ancora parzialmente in funzione. Pertanto, l'accordo quadro firmato tra il Comune e FS nel 2005 ha determinato gli obiettivi di sviluppo urbano di sette scali FS, assumendo che l'intervento dovesse diventare fonte di finanziamento per una serie di interventi di miglioramento del servizio ferroviario milanese e tracciando un percorso procedurale e attuativo che prevedeva:

- la predisposizione di uno studio di fattibilità per la costituzione di una Società mista, con un Accordo Operativo che precisasse gli aspetti quantitativi, una prima stima della valorizzazione e il dettaglio degli interventi sul sistema ferroviario;
- l'avvio del dibattito pubblico e le necessarie forme di pubblicità;
- la promozione di un Accordo di Programma tra Comune e Regione per realizzare una o più varianti, attribuendo alle aree la nuova destinazione urbanistica;
- l'elaborazione di documenti preliminari alla progettazione per l'espletamento di concorsi internazionali (progettazione preliminare dei PII), a valle dei quali Comune, FS e eventuali altri soggetti potessero individuare con procedure di evidenza pubblica partner privati per costituire società di scopo per lo sviluppo attuativo delle singole aree.

Nel 2007 è stato sottoscritto l'Accordo di Programma, con l'insediamento di una segreteria tecnica e la prima Conferenza dei rappresentanti; l'istruttoria di avvio del procedimento di Variante è iniziata nell'aprile 2008, contestualmente alla Valutazione Ambientale Strategica (VAS) prevista ex legge per i programmi di valenza territoriale, poi pubblicata nel dicembre 2009. Questo nuovo quadro programmatico ha disciplinato gli scali FS come Ambiti di Trasformazione Urbana (ATU) e, per ogni scalo, ha esitato una scheda di indirizzo che esplicita livelli di accessibilità, opportunità localizzative, dimensionamento di indici e funzioni, criticità ambientali e valutazioni circa la prospettiva temporale della riqualificazione. La potenzialità edificatoria complessiva risultava pari a 847.000 mq di slp (indice di 0,65 mq/mq), dei quali 244.000 destinati a funzioni di interesse generale ed edilizia sociale e/o convenzionata e i restanti a residenza, uffici, attività commerciali e funzioni private compatibili.

L'area dei sette scali ferroviari dismessi è parte del patrimonio immobiliare ceduto all'agenzia "Ferrovie dello Stato" (costituita con legge 17 maggio 1985, n. 210), parte del patrimonio su cui l'ente ha piena disponibilità secondo il regime civilistico della proprietà privata. Nel perimetro delle stesse sono ricomprese sia aree ormai dismesse sia aree ancora strumentali all'esercizio ferroviario. parte del patrimonio su cui l'ente ha piena disponibilità secondo il regime civilistico della proprietà privata. Nel perimetro delle stesse sono ricomprese sia aree ormai dismesse sia aree ancora strumentali all'esercizio ferroviario. Nel novembre 2016, il Consiglio Comunale ha condotto un lungo dibattito e confronto tra tutte le forze politiche e ha determinato le linee guida per il completamento delle procedure del "Contratto di Programma", coprendo varie questioni dalle esigenze di visione strategica alla centralità del tema, tra cui inverdimento, trasporto ferroviario, delle abitazioni per i ceti più deboli, funzioni pubbliche e l'importanza di attivare processi di ascolto e dibattito pubblico sul futuro delle aree ferroviarie dismesse. A partire dal dicembre 2016, le Commissioni Consiliari hanno proseguito il percorso di approfondimento dei temi relativi all'AdP e di accompagnamento del processo decisionale. Il percorso istituzionale è proseguito nei 9 Municipi che (con il supporto del DASTU del Politecnico di Milano) hanno ripreso e approfondito i temi affrontati nel lavoro

di ascolto svolto nel 2013/14. Il dibattito pubblico avviato dal Consiglio Comunale è stato a sua volta raccolto e amplificato da tutta la città, manifestandosi in numerose iniziative di confronto e discussione che hanno coinvolto migliaia di soggetti interessati in pochi mesi.

Cinque obiettivi chiave compongono la strategia urbana che si sviluppa attraverso la definizione dell'Accordo di Programma: gli scali ferroviari possono attuare strategie urbane efficaci, promuovere il trasporto sostenibile e il trasporto pubblico su rotaia, sostenere l'innovazione sociale e produttiva, accogliere funzioni di eccellenza, promuovere nuove attività economiche ecologicamente sostenibili e nuove opportunità di lavoro e fornire opportunità per le persone nelle aree svantaggiate, contribuendo così a promuovere la coesione sociale, aumentare l'equilibrio ambientale, migliorare la qualità dell'aria e del suolo urbani e creare nuove aree pubbliche, parchi e servizi per città e cittadini di tutte le età.

Questa sarà la prima opportunità per considerare il verde come "green infrastructure", il quale non è solo un argomento quantificabile, con l'obiettivo è pensare il verde come perno del cambiamento, per la prima volta a Milano. Sarà una sfida progettuale di qualità, atta a garantire attrattività e sicurezza ai frequentatori e a sperimentare nuovi modelli gestionali. In termini urbanistici, pur mantenendo un'impostazione orientata alla flessibilità, sono stati definiti parametri vincolanti orientati a strutturare elementi di visione complessiva da dettagliare in fase attuativa: la massimizzazione della dotazione di verde pubblico negli scali, in particolare a Farini e San Cristoforo, garantendo un sistema di connessione ecologica lungo i binari attivi (Fig. 22).

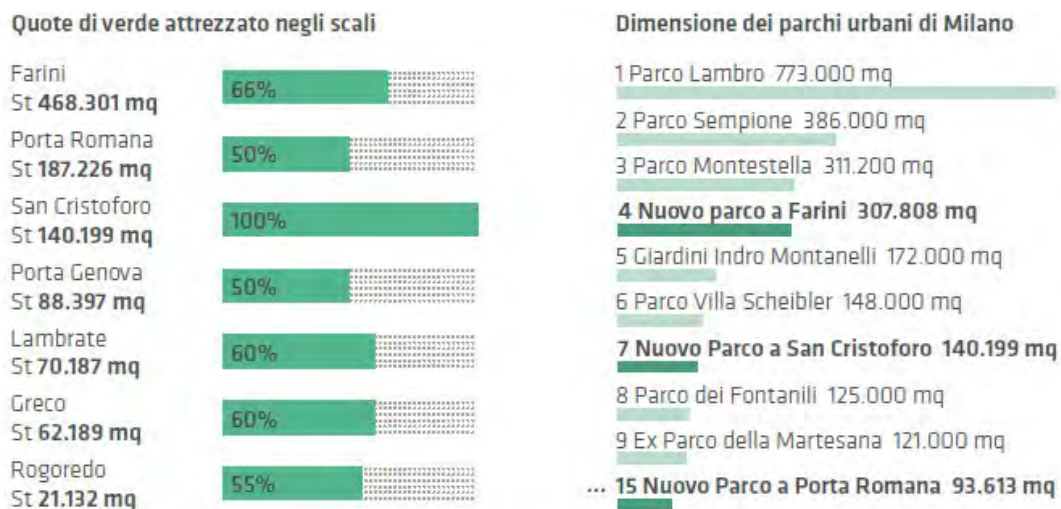


Figura 22 - Percentuale minima di verde pubblico dedicata agli scali | Fonte: Accordo di Programma

In termini economici, è stata ripresa l'impostazione orientata alla correlazione tra trasformazione urbanistica e sviluppo infrastrutturale, attraverso:

- il finanziamento degli interventi prioritari sul nodo ferroviario milanese necessari allo sviluppo della Circle Line, anche mediante il reimpiego delle plusvalenze generate dalle nuove previsioni urbanistiche;
- il finanziamento delle opere infrastrutturali e a verde di riconnessione urbana attraverso la previsione di consistenti contributi aggiuntivi agli oneri di urbanizzazione previsti.

È indispensabile che gli scali contribuiscano a creare nuovi posti di lavoro, attraverso uffici, artigianato, manifattura e logistica. I nuovi quartieri vedranno forte la contaminazione tra sistema produttivo, commerciale, turistico/culturale e residenziale. Porta Genova estenderà l'area del design e della moda, Romana dialogherà con Fondazione Prada e l'Università Bocconi. Milano vive il suo sistema universitario come la grande industria del futuro. Gli scali dialogheranno armoniosamente con la Città delle scienze della vita che nascerà nelle aree Expo a nord ovest e con la Città della salute a Sesto.

La città sta punta molto sulla fascia anagrafica 20-40 anni. Gli scali di Lambrate e Greco avranno funzioni abitative fortemente legata all'università, mentre negli scali di Farini e Romana l'offerta di case risponderà alle esigenze della classe media creando quartieri misti con offerte per ogni reddito, dalle case di pregio fino all'edilizia popolare. La rigenerazione degli scali eliminerà barriere fisiche invalicabili, avvicinando le periferie al centro, integrando il piano di investimenti da 300 milioni rivolto alle periferie.

Infine, l'Accordo è stato volto a definire una serie di indicazioni procedurali per i prossimi passi, che riguardano in particolare:

- le condizioni per lo sviluppo di usi temporanei sulle aree oggetto della trasformazione durante le fasi di pianificazione;
- la definizione di procedure pubbliche e concorsi per la progettazione urbanistica e architettonica e l'individuazione di strumenti per il coordinamento dello sviluppo per fasi;
- il proseguo delle attività di partecipazione e dibattito nelle fasi attuative, dall'approvazione dell'Accordo di Programma in poi.

2.2.1. Le 5 Vision per la Milano futura

A Milano la riqualificazione di sette scali ferroviari (Farini, Porta Genova, Porta Romana, Lambrate, Greco, Rogoredo e San Cristoforo) apre la strada a una nuova possibile trasformazione della città. Nell'aprile 2017, durante il Fuorisalone milanese, sono stati presentati in una mostra allestita negli spazi di Porta Genova i progetti di cinque studi internazionali, rappresentando cinque differenti visioni della Milano nei prossimi decenni. C'è infatti chi ha immaginato un sistema continuo di parchi e giardini collegati tra loro da corridoi verdi (studio Boeri), chi invece ha puntato sullo sviluppo della Circle Line urbana per trasformare Milano in una città car free (Mecanoo), chi ha disegnato i setti scali come broli (termine antico che indicava i frutteti cintati), nuove aree verdi su cui costruire la riforma urbana di Milano (studio Zucchi), chi ancora ha proposto la realizzazione di cinque micro città tematiche (Mad Architects) e, infine, chi ha immaginato il ruolo centrale dell'acqua nel futuro sviluppo urbano del capoluogo lombardo (EMBT). La mostra ha fatto parte del processo di consultazione che la società Sistemi Urbani, con la collaborazione del Comune di Milano, ha avviato per consentire un dibattito pubblico e arrivare all'approvazione dell'AdP tra Comune, Regione e la società delle FS. Di seguito le 5 Vision proposte.

Fiume Verde per Milano

il team di progettazione coordinato da Stefano Boeri ha proposto un progetto di riforestazione urbana che punta a realizzare sul 90% dei sette scali un sistema continuo di parchi, boschi, oasi, frutteti e giardini a uso pubblico, legati tra loro da corridoi verdi e ciclabili realizzati sulle fasce di rispetto dei binari ferroviari. Per l'architetto milanese, nel rimanente 10% si potranno costruire bordi urbani ad alta densità, in grado di ospitare le attività che oggi mancano nei quartieri di Milano: residenze e spazi di studio e laboratori per i giovani, servizi culturali e di assistenza al cittadino (biblioteche, ambulatori, asili), oltre che edilizia sociale e di mercato. Per ogni scalo è stato immaginato uno scenario diverso (Fig. 23-24).



Figura 23 - Vista aerea di Milano |
Fonte: www.scalmilano.vision.it



Figura 24 - Vista Scalo Farini |
Fonte: www.scalmilano.vision.it

Ripensare gli scali come catalizzatori di vita sostenibile

Il team di Mecanoo, guidato Francine Houben, ha invece puntato sulla trasformazione degli scali in chiave di cambiamento radicale della mobilità urbana. Una visione di città che si fonda su cinque principi. Il primo riguarda lo scalo come catalizzatore di vita sostenibile, in cui lo scalo stesso si trasforma in hub intermodale della mobilità senza autovetture private. Il secondo prevede che l'area attorno allo scalo diventi una zona chiusa al traffico urbano. Il terzo principio presuppone che la Circle Line sia un luogo capace di connettere e non di dividere, con una ferrovia integrata al tessuto urbano. Il quarto vuole fare di Milano una città inclusiva e accessibile, dotata di una mobilità intermodale e condivisa, edifici ad alta densità, a prezzi accessibili, a uso misto, raggruppati attorno agli hub della mobilità, con spazi attraenti e sicuri per i giovani e i residenti di seconda generazione. Infine, l'ultimo principio base vede gli scali come landmark della mobilità lungo la Circle Line (Fig. 25).



Figura 25 - Vision Farini |
Fonte: www.scalmilano.vision.it

Sette bellissimi broli

Cino Zucchi immagina gli scali come luoghi ospitali della nuova città: sette “broli”, sette nuovi parchi per Milano capaci di connettere parti di città separate, con nuovi servizi e spazi aperti di qualità (Fig. 26-27).



Figura 26 - Vision Lambrate |
Fonte: www.scalmilano.vision.it



Figura 27 - Vision Romana |
Fonte: www.scalmilano.vision.it

Memoria e Futuro: Milano Rinasce

La visione progettuale elaborata dall'architetto di Pechino Ma Yansong di Mad Architects propone cinque dimensioni urbane: la città delle connessioni, vale a dire la ricucitura urbana attraverso una mobilità sostenibile che parte dalla piccola scala (piste ciclabili, percorsi cittadini, filari alberati e aree a traffico limitato) fino ad arrivare a reti di trasporto infrastrutturale e di lunga percorrenza. Poi, la città del verde fatta di parchi, giardini, piazze, filari di alberi, corridoi ecologici, corsi d'acqua che si insediano nella rigenerazione degli ex scali diventando l'ossatura su cui si innestano le idee progettuali. Terza dimensione la città del vivere per potenziare il mix sociale e per generare nuove relazioni multiculturali. Quarto, la città della cultura per costruire un contesto innovativo e multiculturale. Infine, la città dell'economia per potenziare l'offerta lavorativa esistente e per creare nuove occasioni di sperimentazione, fornendo ai giovani un contesto urbano competitivo che si relaziona con le principali capitali europee (Fig. 28-29).



Figura 28 - Vision Lambrate |
Fonte: www.scalmilano.vision.it



Figura 29 - Vision Genova |
Fonte: www.scalmilano.vision.it

Miracoli a Milano

La visione di Milano di Benedetta Tagliabue (EMBT) punta invece sull'acqua, che sarà il veicolo per l'intero processo di rigenerazione: l'elemento che riconetterà città, natura e storia e renderà il contesto urbano un luogo più confortevole e felice. Sarà come avere un nuovo miracolo a Milano. Anzi sette, sostengono i progettisti catalani. Ciascuna area avrà una propria identità, che si affiancherà alla parola scalo (Fig. 29-30).



Figura 29 - Vision Genova |
Fonte: www.scalmilano.vision.it



Figura 30 - Vision Greco |
Fonte: www.scalmilano.vision.it

2.2.2. Olimpiadi invernali 2026

L'ex scalo ferroviario di Porta Romana è stato aggiudicato per 180 milioni di euro a "Fondo Porta Romana", gestito da COIMA S.G.R. e partecipato da Covivio, Prada Holding e COIMA ESG City Impact Fund.

Lo sviluppo prevede un grande parco, che si estenderà per circa 100.000 mq, attorno al quale sorgeranno residenze, uffici, social housing, student housing e servizi interconnessi a tutta l'area metropolitana tramite le stazioni della ferrovia e della metropolitana. All'interno dello scalo COIMA svilupperà il Villaggio Olimpico, che al termine delle competizioni sarà trasformato in student housing con circa 1.000 posti letto, la componente residenziale libera e agevolata; Covivio svilupperà funzioni a uso ufficio e servizi; Prada Holding S.p.A., interessata soprattutto alla qualità del parco, realizzerà un edificio a uso laboratorio e uffici per estendere le sue attività già presenti nell'area.

2.3. Processo trasformativo in corso attorno allo Scalo Romana

Come anticipato nella parte conclusiva del capitolo precedente, negli ultimi anni, l'area adiacente allo scalo ha subito i primi cambiamenti volti ad una riqualificazione completa della zona. Essa si concluderà con la riqualificazione dello scalo, riconnettendo così la parte nord a quella sud, che coinciderà con l'inizio delle Olimpiadi invernali 2026 Milano-Cortina. Attualmente i progetti con maggior significato sono Fondazione Prada e Symbiosis.

La nuova Fondazione Prada (Fig. 31), progettata da OMA, sorge in un ex complesso industriale e non è né un progetto di conservazione né di nuova architettura. Queste due condizioni, che di solito sono separate, in questo progetto si confrontano in uno stato di interazione permanente, offrendo un insieme di frammenti che si mescoleranno in una singola immagine. Nuovo, vecchio, orizzontale, verticale, ampio, stretto, bianco, nero, aperto, chiuso: tutti questi contrasti stabiliscono



Figura 31 - Fondazione Prada |
Fonte: www.corriere Dellasera.it

la gamma di opposizioni che definiscono la nuova Fondazione. La particolarità del progetto è la torre, alta 60 metri, realizzata in cemento bianco a vista. La torre è composta da nove piani, ciascuno dei quali offre una percezione differente degli ambienti interni grazie ad una specifica combinazione di tre elementi spaziali: dimensioni in pianta, altezza libera e orientamento. La metà dei livelli si sviluppa infatti su una pianta rettangolare, mentre l'altra metà ne mostra una trapezoidale (Fig. 32). L'altezza libera dei soffitti aumenta dal basso verso l'alto, variando da 2,7 metri al primo piano a 8 metri al livello superiore. Le facciate esterne sono caratterizzate da un'alternanza di superfici in cemento e vetro, che consente l'esposizione da un lato nord, est o ovest sui diversi piani, mentre lo spazio della galleria superiore è esposto alla luce zenitale. Il lato sud della Torre presenta una struttura diagonale che la collega al Deposito, all'interno della quale è integrato un ascensore panoramico. Come affermato da Rem Koolhaas, "Insieme, queste variazioni producono una diversità radicale all'interno di un semplice volume - in modo che l'interazione tra gli spazi e specifici eventi o opere d'arte offre una varietà infinita di condizioni". Dall'apertura della nuova sede della Fondazione Prada nel 2015, la collezione è diventata uno degli strumenti disponibili per lo sviluppo del programma culturale della fondazione, assumendo diverse configurazioni: dalle mostre tematiche a quelle collettive, dalle mostre antologiche ai progetti curati dagli artisti. L'ultimo piano ospita una terrazza con bar, concepito come spazio flessibile. Adiacente alla Fondazione Prada, sta prendendo forma il piano di sviluppo Symbiosis, della società immobiliare Covivio in base al masterplan firmato Antonio Citterio Patricia Viel, progetto integrato di riqualificazione urbana destinato a ridisegnare la geografia della città. L'intervento punta a ridisegnare la geografia di Milano dando forma a un business district di circa 125 mila metri quadrati innovativo, tecnologico e interamente sostenibile: l'headquarter di Fastweb (Fig. 33) è il primo tassello completato. Nella stessa area è in fase di avanzamento lavori la nuova sede della ICS International School (Fig. 34) completamente progettato dallo



Figura 32 - Prospetto Est | Fonte: www.oma.eu



Figura 33 - Headsquare Fastweb |
Fonte: www.archiportale.com



Figura 34 - Render ICS, in costruzione |
Fonte: www.barrecaelavarra.it

studio milanese Barreca & La Varra. Il volume dalle linee morbide, generato dalla giustapposizione di due lame con profili differenti e improntato alla verticalità, apre gli ambienti interni al contesto circostante, con terrazze ampie che sottolineano l'articolazione prospettica. Grandi superfici vetrate e metalli lavorati a seconda della diversa incidenza dei raggi solari, assumono un effetto mutevole interagendo con l'ambiente.

È giusto precisare che prima di questi macro-progetti, l'area intorno allo scalo aveva già iniziato un processo di trasformazione tramite attività produttive/industriali, aziende farmaceutiche e aziende tipografiche ed editoriali.

2.3.1. Lo sviluppo dell'area adiacente

La vocazione prevalente dell'area è stata produttiva, per quasi tutto il secolo scorso. Sono molte le attività produttive/industriali insediate in questo territorio negli anni, la maggior parte di piccole e medie dimensioni, a cui vanno aggiunte le numerose attività artigianali operanti all'interno dei cortili e degli isolati. Tra le più importanti, per dimensioni e importanza, si possono citare il Panificio Automatico Continuo, la Edison e attività produttive artigianali con una lunga storia alle spalle: gli Allestimenti Portanuova, il Mollificio Milanese e la torrefazione Mokito. Tra le molte e differenziate tipologie di attività produttive e industriali dell'area oggetto, spicca la presenza di un significativo numero di aziende farmaceutiche che si sono insediate nella zona negli anni Quaranta del secolo scorso. Tali società hanno trovato localizzazione nell'asse di via Ripamonti e nelle vie traverse, fino a via Quaranta. Va rivelato come il prestigio acquisito da un paio di esse abbia trovato riconoscimento nella intitolazione stradale. Via Giovanni Lorenzini, infatti, prende il nome dal fondatore dell'Istituto Biochimico Italiano, che aveva sede nel tratto di Via Brembo che faceva angolo con via Ripamonti. Il proseguimento di via Lorenzini, al di là di via Ripamonti, è via Carlo De Angeli, fondatore dell'omonimo Istituto che occupava gran parte dell'isolato compreso fra via Serio, Ercole Marelli, Brembo/Lorenzini e Adamello. Ad oggi troviamo molte sedi di istituti e fondazione del settore farmaceutico, ad esempio: la Fondazione Onlus Banco Farmaceutico, l'Istituto di oncologia molecolare IFOM (creando il nuovo Campus IFOM-IEO, nuovo centro di ricerca biomedica), la Indena e infine la Mipharm, che negli ultimi anni ha deciso di intraprendere una strategia di "High Class Generics" e di "Super Generics". Infine, bisogna fare anche riferimento anche alle molte aziende tipografiche e/o editoriali, poiché i dati più recenti indicano che Milano ha circa il 20% di aziende editoriali/topografiche attive in Italia, con una media di circa il 40% dei titoli pubblicati. Alle aziende editoriali si sono poi sempre affiancate quelle tipografiche, ridottesi negli ultimi anni con la crisi dell'editoria e della carta stampata registratasi negli ultimi anni. Di seguito un breve censimento delle case di editrici e delle aziende tipografiche ancora in attività nell'area in oggetto: la GUT Edizioni e Smemoranda, in viale Ortles 52/54, la Altreconomia, in via Vallarsa 2, Edizioni Zero, in via Quaranta 40, Trilud (ex Tuttogratis Italia), in via Ripamonti 101, la FRAM (operante nelle arti grafiche dal 1963), in Via Balduccio da Pisa 7, e la Tipografia Fratelli Bonvini Milano, in via tagliamento 1.

2.4. Casi studio

A causa della loro dimensione e posizione nella struttura urbana, le aree ferroviarie abbandonate spesso forniscono ai comuni opportunità reali per risolvere i problemi critici intrinseci del mancato utilizzo da un punto di vista ambientale, sociale ed economico. L'esistenza di una grande quantità di spazio abbandonato nelle strutture urbane di solito causa il degrado fisico, che influisce sul valore degli edifici vicini, sull'attrattiva degli spazi pubblici circostanti e sulla sicurezza del luogo stesso. Tuttavia, una volta trasformati, questi stessi spazi possono facilmente diventare nuovi centri urbani attivi e vivibili, il cui effetto positivo di rigenerazione si propaga con forza fino a diversi isolati di distanza, ottenendo dei benefici straordinari per la città stessa e per la cittadinanza nel suo insieme. Basti pensare alla trasformazione dell'area di Abandoibarra a Bilbao, da periferia degradata e senza una propria identità, a nuova centralità urbana di valenza internazionale.



Figura 35 – Confronto ante/post riqualificazione dell'area Abandoibarra a Bilbao | Fonte: www.balmori.com
Da una prima ampia mappatura delle più recenti e riuscite operazioni di rigenerazione urbana di aree ferroviarie dismesse su scala europea sono stati identificati quattro progetti di interesse di cui ne sono stati analizzati i casi. L'approccio metodologico utilizzato nella selezione dei casi studio da analizzare si basa su quattro parametri, che insieme consentono di descrivere criticamente le esperienze più interessanti di riqualificazione urbana in aree ferroviarie

dismesse, mettendo in luce gli obiettivi e gli strumenti che ne hanno permesso la buona riuscita. I quattro parametri sono:

- Localizzazione: i progetti per la rigenerazione di aree ferroviarie abbandonate e questi progetti sono equamente distribuiti secondo la distribuzione geografica dell'Europa;
- Reperibilità informazioni: tutti i progetti che sono stati selezionati garantiscono la piena disponibilità dei dati e delle informazioni relative alle trasformazioni;
- Aspetti quantitativi: i progetti sono stati analizzati estrapolando e confrontando le quantità principali che caratterizzano le trasformazioni;
- Aspetti qualitativi: i progetti sono stati analizzati individuando e confrontando le peculiarità e gli obiettivi che caratterizzano le trasformazioni.

L'approfondimento di ognuno dei casi studio selezionati è stato sviluppato secondo tre temi principali: inquadramento (contesto e processo di rigenerazione), specificità (obiettivi e peculiarità), effetti (fattori chiave e benefici generati).

I casi studio analizzati sono i seguenti:

- Abandoibarra, Bilbao (Spagna);
- Centro Internazionale Finanziario (IFC), Hong Kong (Cina);
- Olympic Park Legacy, Londra (Inghilterra);
- Porta Nuova, Milano (Italia).

2.4.1. Abandoibarra, Bilbao (Spagna)

Il Plan General di Bilbao è lo strumento strategico di riferimento per la pianificazione regionale complessiva del Comune. Definisce le basi della struttura generale e organica del territorio e propone degli indirizzi per il futuro della città. Tra gli indirizzi proposti emergono: l'ampliamento delle zone di influenza della città, la smart economy and smart city, l'internazionalizzazione, lo sviluppo della connettività esterna e della mobilità interna, la promozione dell'Università, la ricerca di un equilibrio sociale e territoriale, ed il rafforzamento della leadership di governo. Come guida alla pianificazione urbana della città, il documento mette in evidenza quattro obiettivi strategici:

1. città come polo di riferimento a scala globale, per promuovere un sistema economico locale e competitivo;
2. città in continua fase di rigenerazione e rinnovamento, che comprenda una valorizzazione dello spazio pubblico, delle zone di opportunità, delle abitazioni e miri al riuso del suolo;
3. città ecosostenibile, che punti al miglioramento della qualità ambientale attraverso il rafforzamento delle aree verdi e delle zone naturali, e ad uno sviluppo urbano sostenibile grazie ad un uso efficiente delle risorse;
4. città equa, ossia una città capace di promuovere quartieri in cui l'accesso alle strutture e ai servizi e la partecipazione ai processi decisionali sia equamente distribuito.

La grave crisi dell'industria siderurgica diventa un'opportunità di rinascita per lo sviluppo urbano della città Bilbao, Nel 1987 viene messo in atto il Plan de Revitalización, comprendente anche la riqualificazione dello scalo di Abandoibarra. Il momento chiave della rinascita della città è stato il Museo Guggenheim progettato da Frank O. Gehry tra il 1993 e il 1997. Il museo divenne subito una calamita per la città, ponendo la città al centro dell'attenzione internazionale, e ebbe una serie di reazioni a catena, tra cui l'aumento del valore dei quartieri commerciali limitrofi e la ripresa del mercato immobiliare. La rigenerazione dello scalo di Abandoibarra si inserisce in un piano strategico che coinvolge cinque differenti aree, tra cui Zorrozaurre e l'ex stazione merci di Ametzola, che risulta complementare, sia dal punto di vista economico sia funzionale, a quella di Abandoibarra (Fig. 36-37).



Figura 36- Illustrazione grafica del masterplan di progetto |Fonte: www.pcparch.com/project



Figura 37- Masterplan di progetto | Fonte: www.pcparch.com/project

I principi di sviluppo proposti:

- Favorire mixed use;
- Promuovere social housing;
- Potenziamento del trasporto pubblico;
- Sviluppo di una connessione stradale diretta con il sistema delle autostrade;
- Creazione di un distretto sostenibile.

Il Guggenheim Museum ha costituito il primo tassello per una nuova città moderna e tecnologica, a misura d'uomo, meta turistica e culturale. Si è operato attraverso una ristrutturazione territoriale (infrastrutture), economica (settore terziario, polo informatico), e industriale (riconversione). La bonifica è stata il primo step, finanziata prevalentemente dal pubblico; la zona industriale è stata razionalizzata e spostata; il fiume è stato valorizzato con nuove attività a carattere ludico, commerciale, culturale, e residenziale (Fig. 38).

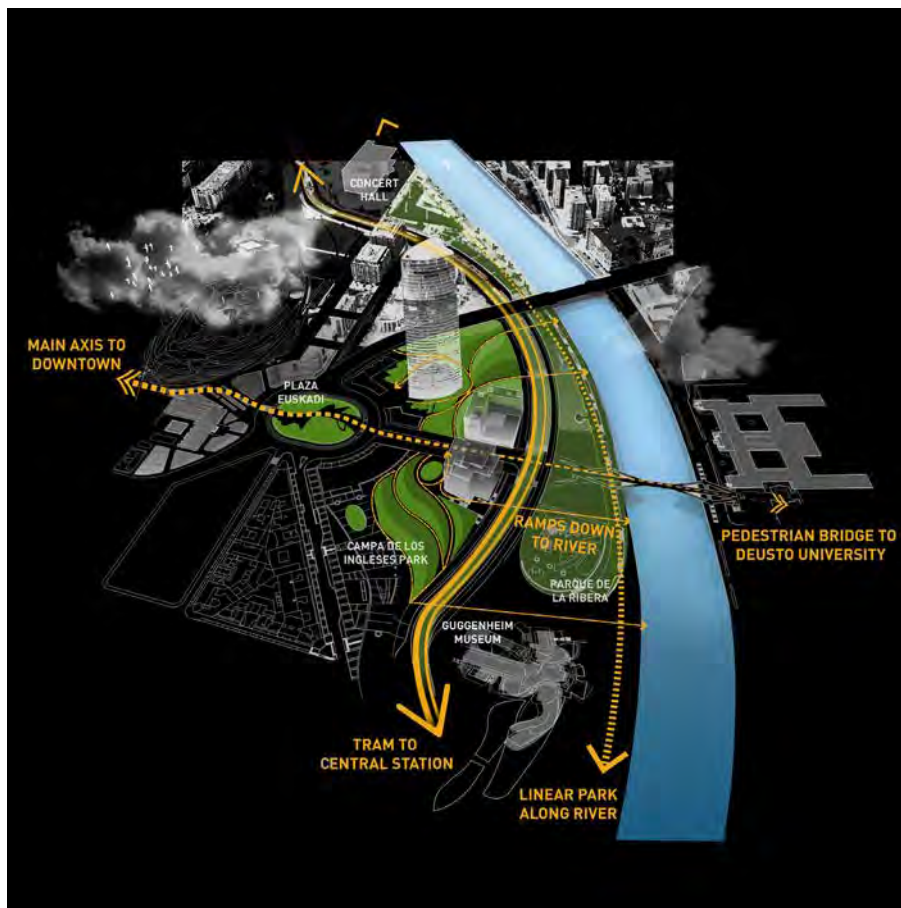


Figura 38- Strategia di progetto |Fonte: www.pcparch.com/project

2.4.2. Centro Internazionale Finanziario (IFC), Hong Kong (Cina)

La Mass Transit Railway Corporation di Hong Kong rappresenta un modello di sviluppo unico dell'infrastruttura a sostegno del trasporto pubblico basata sulla massimizzazione dei benefici derivati dallo sviluppo commerciale collegato alle stazioni ferroviarie. Uno dei più importanti processi di sviluppo nel settore dei trasporti ad Hong Kong è il Centro Internazionale Finanziario (IFC).

L'IFC è un progetto di sviluppo commerciale situato sul lungomare del distretto centrale in Hong Kong, che è parte dello sviluppo della stazione centrale della metropoli (Fig. 39).

Il complesso comprende One IFC centro finanziario internazionale, Two IFC centro della finanza e un palco di presentazione commerciale con un tetto giardino pubblico. La stazione di Hong Kong ha aperto nel 1998. Il livello interrato e il livello terra sono adeguatamente collegati all'Airport Express, alle linee degli autobus, agli Star Ferry, ai taxi ed al capolinea dei minibus pubblici (Fig.40). Un sistema di check-in dell'aeroporto nella stazione consente ai passeggeri di salire sui treni che arrivano direttamente al centro di controllo dei passaporti. Un passaggio pedonale sotterraneo non scale mobili orizzontali collega la città di Hong Kong con la stazione centrale appunto al secondo livello della stazione si quelle commerciali oltre la stazione una rete di passeur alle regionali connette l'area degli uffici con il porto. Le caratteristiche chiave di questa riqualificazione sono principalmente due: la Two IFC e l'Airport Express.

La Two IFC è uno dei 20 edifici più alti del mondo appunto l'edificio ha una struttura minimale che favorisce la vista della torre punto nella torre è caratterizzata da una superficie lorda di pavimento i 180.000 mq di uffici di classe A. Essa è stata progettata per resistere ai tifoni di forte intensità, caratteristica importante per

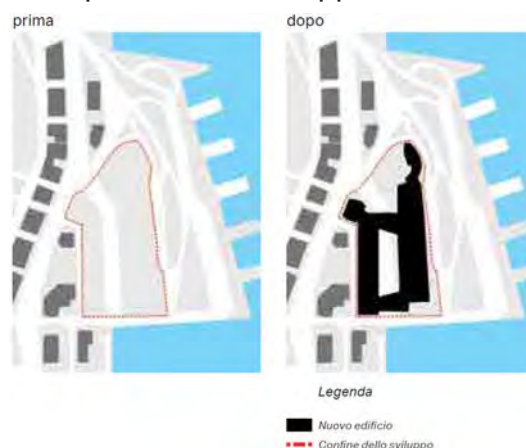


Figura 39 – Inquadramento del costruito |

Fonte: www.arup.com



Figura 40 – Inquadramento movimento |

Fonte: www.arup.com

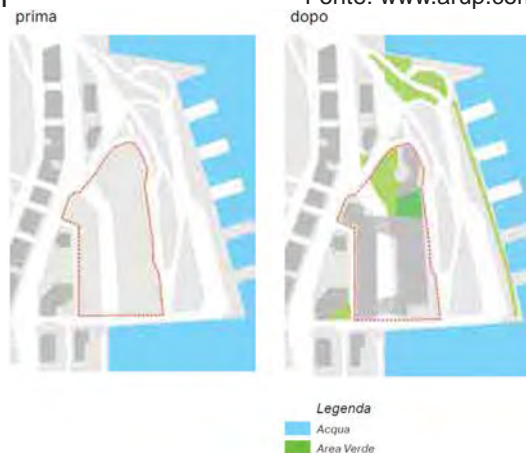


Figura 41 - Inquadramento aree verdi |

Fonte: www.arup.com

gli edifici alti. La Two IFC è una componente vitale dell'Hong Kong Airport City, grazie alla connessione ad alta velocità fornita dalla linea Airport Express. L'Airport Express è stato progettato durante la pianificazione dell'aeroporto. Esso fornisce l'accesso più rapido ed affidabile al centro della città, raggiungibile in circa 25 minuti. L'aeroporto internazionale di Hong Kong è uno degli aeroporti più trafficati del mondo sia in termini di merci che di passeggeri ed ha una posizione geografica strategica. Progettato in modo ottimale di strutture aeree che ferroviari, creando una soluzione di continuità stradale di recupero bagagli ed i servizi aeroportuali.

Dal masterplan (Fig. 42) possiamo constatare che l'impianto di 5,7 ettari si compone di due torri commerciali e del Four Season Hotel. Al di sotto delle torri vi è una piattaforma commerciale e la stazione Airport Express di Hong Kong. Lo sviluppo dell'IFC ha concentrato la propria strategia di open space al quarto livello al di sopra della piattaforma. Tale ambiente è visitabile dagli impiegati degli uffici e dai visitatori del centro commerciale, accedendo a bar e ristoranti. Il piano di innovazione è collegamento al Distretto Centrale e alla Exchange Square. Il flusso pedonale non è agevole al piano terra ed è stato spostato al secondo piano grazie a percorsi pedonali. La stazione di Hong Kong si ricollega alla stazione centrale tramite tunnel dotati di passerelle mobili.

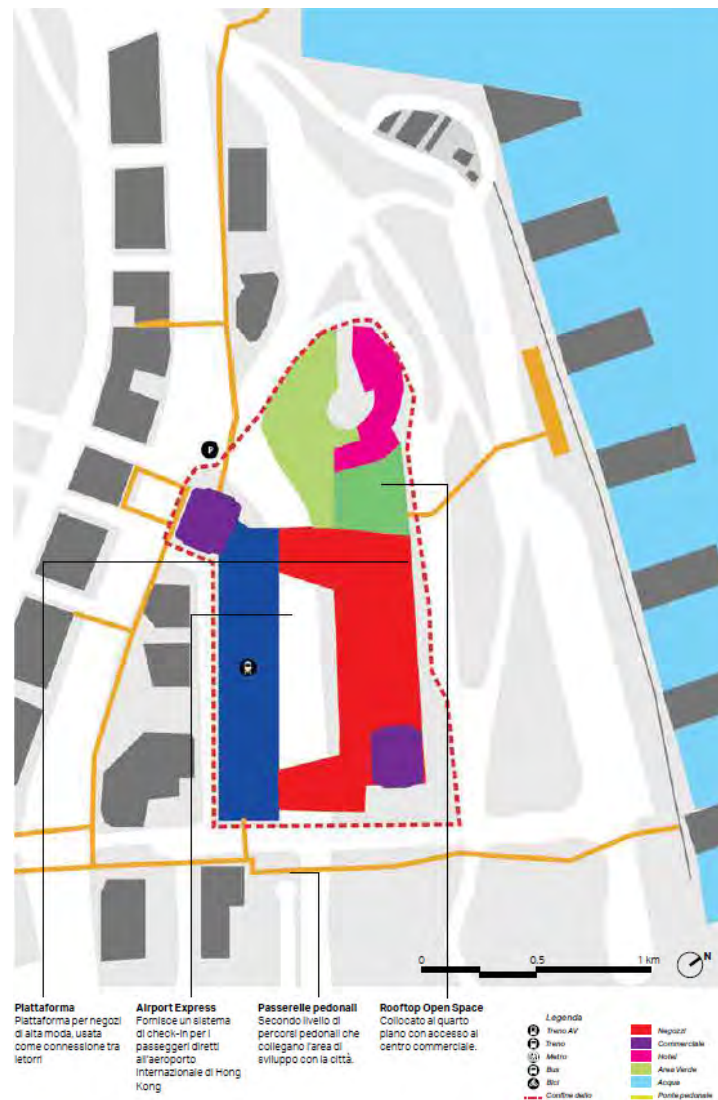


Figura 42 – Piano dell'uso del suolo del IFC | Fonte: www.arup.com

2.4.3. Olympic Park Legacy, Londra (Inghilterra)

I Giochi Olimpici del 2012 hanno fornito l'opportunità di creare un nuovo centro per la zona Orientale di Londra, recuperare la ex ferrovia e le aree industriali integrandole all'interno della città. Lo sviluppo del Masterplan del Parco definisce una struttura per la rigenerazione della zona Est di Londra. L'area (Fig. 43) progettata per il Parco Olimpico (più di 230 ettari) occupa circa un quinto dell'intera zona rigenerativa Lower Lea Valley e fiancheggia per due chilometri il fiume Lea. Oltre ad essere centrata sul fiume, l'area comprende anche una rete di canali e una fitta rete infrastrutturale comprendente linee elettriche, strade, fognature e ferrovie (Fig. 44). Questa è un'area distrutta da rovine ed edifici abbandonati, circondata da comunità povere e svantaggiate.

I quartieri locali si caratterizzavano per avere livelli di income bassi, ma tra i più giovani e etnicamente diversificati dell'intera città. Questi quartieri hanno sofferto per la disoccupazione, servizi inadeguati e collegamenti pubblici insufficienti con altre aree e con altre parti di Londra. Dopo decenni di attività industriali di scarso valore e discariche, la maggior parte dell'area è stata contaminata da sostanze inquinanti, comprese migliaia di tonnellate di macerie scaricate qui dopo gli eventi bellici del blitz nel 1940.

L'obiettivo principale del master plan è sfruttare i Giochi Olimpici per riqualificare l'area di East London e l'area vicino al parco. Il Queen Elizabeth Olympic Park è uno dei parchi più grandi d'Europa negli ultimi 150 anni. L'area è sviluppata dalla London Legacy Development Corporation, l'autorità responsabile per la progettazione a lungo termine, lo sviluppo, l'organizzazione ed il mantenimento del Parco, e delle sue attrezzature, dopo i Giochi del 2012. Al fine di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità, la Development Corporation ha intrattenuto stretti rapporti di collaborazione con un'ampia varietà



Figura 43 - Inquadramento del costruito |
Fonte: www.aecom.com



Figura 44 - Inquadramento movimento |
Fonte: www.aecom.com

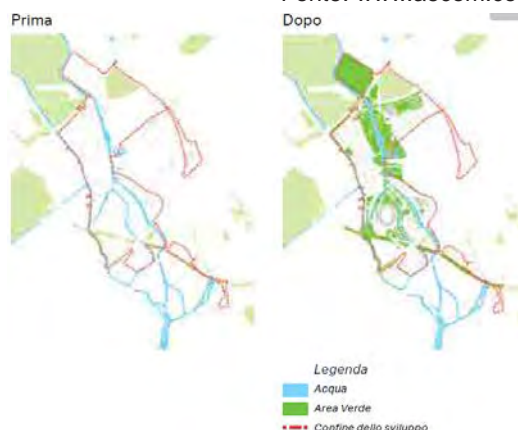


Figura 45 - Inquadramento aree verdi |
Fonte: www.aecom.com

di partners, dalle organizzazioni governative ai community groups. Grazie al trasporto pubblico esistente e pianificato, Stratford è uno dei luoghi più collegati di Londra. L'area sarà collegata alla stazione centrale di Londra in 35 minuti, mentre l'aeroporto di Heathrow sarà collegato alla città in meno di un'ora. Una rete di strade, marciapiedi e piste ciclabili collega il parco con le comunità vicine. Gli impianti sportivi sono circondati da ampi spazi pubblici per consentire al pubblico di partecipare a grandi eventi. Il parco è un piacevole luogo per incontri pubblici, eventi, spazi aperti e corsi d'acqua. Il fiume Lea, il Lee Waterway e gli spazi aperti adiacenti forniscono caratteristiche uniche per il parco. Questo fa parte di una più ampia rete regionale di spazi verdi pubblici. Cinque nuovi quartieri sono previste nel parco. Ogni quartiere sarà dotato di luoghi pubblici e servizi per la comunità. Queste strutture e servizi sono progettati al confine del sito per renderlo il centro di una grande comunità integrata (Fig. 46).

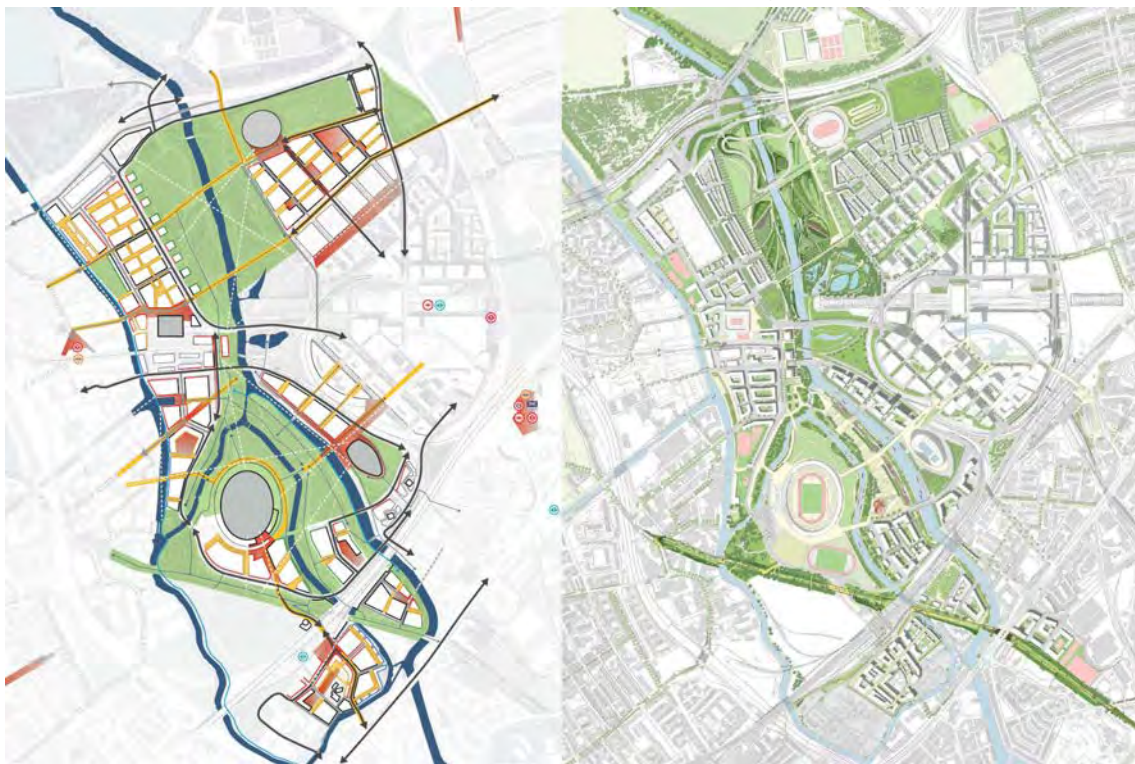


Figura 46 - Strategie e Masterplan di progetto | Fonte: www.mlaplus.com

Il successo del parco dipende dalla sua capacità di connettersi con le comunità circostanti. Collegamenti come strade, marciapiedi, piste ciclabili e ponti sono stati costruiti per superare gli ostacoli naturali in loco. Le attività socio-economiche promuovono il processo di integrazione. Al termine dei Giochi Olimpici, verranno mantenute cinque strutture olimpiche e paralimpiche: lo Stadio, il Centro Acquatico, il Copper Box, il Velo Park e i centri Lee Valley Hockey and Tennis Center (Eton House). Questi luoghi saranno trasformati a beneficio della comunità e saranno utilizzati dalle élite sportive. La visione a lungo termine è trasformare il parco in uno dei luoghi principali per le attività sportive a Londra e nel Regno Unito.

Tre aree chiave nel Parco Olimpico Regina Elisabetta – il Press and Broadcast Center, il lungofiume adiacente la città di Stratford e il Pudding Mill – favoriranno la crescita occupazionale all'interno di più ampia area. Il parco fornirà servizi

di alta qualità ed infrastrutture per i nuovi settori emergenti dell'economia di Londra, compresa la ricerca, l'innovazione, l'educazione, i digital media e la tecnologia e le industrie creative. Il sostegno alle imprese sociali, nuovi cluster di business e corsi di formazione contribuiranno alla crescita di Londra e a favorire la rigenerazione urbana della zona Orientale della città.

L'obiettivo principale del nuovo quartiere è fornire ai residenti e ai lavoratori uno stile di vita sano e sostenibile attraverso una modalità di trasporto sicura e confortevole, come modello di vita urbana, incoraggiando gli spostamenti a piedi e in bicicletta. La progettazione di edifici verdi e infrastrutture innovative mira a ridurre le emissioni di carbonio secondo le normative vigenti e superarle ove possibile. L'importante infrastruttura sostenibile costruita per le Olimpiadi rimarrà disponibile per lo sviluppo futuro e consentirà al parco di raggiungere i suoi obiettivi. Ciò include la pianificazione di impianti di raffreddamento, riscaldamento ed energia combinata (CCHP) per lo sviluppo futuro, fonti di acqua non potabile (acque sotterranee e acque di canali / fiumi), protezione dalle inondazioni ad alto livello, campi sportivi per la protezione della biodiversità e degli habitat e infrastrutture esistenti per ridurre riutilizzare e riciclare i rifiuti.

Fin dall'inizio nel 2004 – 2005, i Giochi Olimpici e Paraolimpici di Londra 2012 sono stati pianificati insieme al loro lascito futuro. L'evoluzione del sito spazia dall'essere un palcoscenico per i Giochi Olimpici e Paraolimpici del 2012 attraverso la fase di transizione quando gli spazi permanenti sono ridimensionati e i luoghi temporanei smantellati e rimossi fino a creare siti per un nuovo sviluppo (Fig. 47).



Figura 47 - Render area di progetto | Fonte: mlaplus.com

Nella fase finale la crescita urbana ed il patrimonio Olimpico coesisteranno nello stesso sito. L'ambizione delle sedi olimpiche è la nascita di una nuova città, che è strettamente collegata e servita nell'East London. Si tratterà di un vero e proprio progetto multifunzionale. Oltre alle case del Villaggio Olimpico, ci saranno anche 10.000-12.000 nuove case, oltre a tre nuove scuole primarie, una scuola media e una scuola sportiva, oltre a più di 11 ettari di spazio commerciale. Inoltre, una scuola d'arte e una scuola elementare, un nuovo centro commerciale e di istruzione superiore saranno aperti attorno al patrimonio del centro internazionale dei media, assistenza sanitaria, centro di formazione e occupazione e servizi sociali e culturali.

I principi del Masterplan sono stati:

- Patrimonio Olimpico 2012: Cinque luoghi di incontro Olimpici saranno convertiti per l'uso della comunità e di élite sportive;
- Quartieri e centri: Cinque nuovi quartieri con caratteristiche distinte sono previsti;
- Collegamenti: regionali, attraverso la città e connessioni locali;
- Spazi aperti e aree Verdi: parchi regionali e locali- Città d'acqua: percorsi d'acqua attivi.

2.4.4. Porta Nuova, Milano (Italia)

Porta Nuova è un grande progetto di riqualificazione urbana che interessa un'area di circa 290.000 metri quadrati a nord del centro di Milano, che ricollega la struttura urbana di tre quartieri separate da più di quarant'anni: Garibaldi-Repubblica, Varesine e Isola. A partire dal 1840, nell'area fu istituita la stazione ferroviaria di Milano Porta Nuova, che fu la prima stazione ferroviaria di Milano. Nel 1864, quando la stazione non era sufficiente a far fronte all'aumento del traffico ferroviario, fu sostituita. Solo la parte occidentale è ancora operativa, comprendente lo scalo merci di Porta Garibaldi e la stazione ferroviaria principale locale per i treni diretti a Varese, comunemente chiamata "le Varesine". La dismissione definitiva risale al 1961, anno in cui fu costruito il nuovo stabilimento di Porta Garibaldi. Fino al 2004, quando è stato approvato il progetto di ristrutturazione denominato Progetto Porta Nuova, l'area era ancora in stato di abbandono. Oggi Porta Nuova (Fig. 48) rappresenta uno dei poli più importanti di Milano. Il progetto prevede un sistema pedonale continuo di 170.000 mq, caratterizzato da aree verdi, piazze, ponti e circa 90.000 mq di parchi, che garantiscono collegamenti sicuri e convenienti tra le diverse aree. Porta Nuova comprende principalmente uffici e residenze, oltre a vari spazi espositivi e culturali, oltre a nuovi spazi commerciali.

I principi di sviluppo proposti sono stati:

- Riportare l'uomo al centro della vita del quartiere;
- Creare un ambiente dinamico e moderno;
- Attrarre turismo, stakeholders, capitali;
- Riconnettere il tessuto urbano attraverso la creazione di spazi pedonali e verdi di elevata qualità;
- Incorporare i quartieri preesistenti di Brera, Isola e Repubblica.



Figura 48 - Foto aerea dell'area post riqualificazione | Fonte: www.comune.milano.it

La grande area pubblica di Porta Nuova è occupata giorno e notte da diverse persone: lavoratori, residenti, turisti, adolescenti, sportivi. Tutti coloro che decidono di trascorrere parte del loro tempo libero in questo luogo di relax. Fontana o passeggiare nella zona. Allo stato attuale, il Fondo Qatar Investment Authority (Qia) è diventato l'unico proprietario di Porta Nuova, il che dimostra la capacità del progetto di attrarre investimenti stranieri.

3. Una proposta per lo Scalo

Lo Scalo Romana, che si trova ai “marginì” della Zona 5, genera sulla popolazione che abita in prossimità del bordo a nord, quello che lambisce via Isonzo e si conclude in piazza Lodi, poca curiosità. Un pezzo di città consolidata, a vocazione residenziale, che ha sempre gravitato su sistemi commerciali collocati più a nord e naturali a ovest. Una parte di città che poco coglie i fattori di trasformazione di questo lato del muro ferroviario, sia che siano generatore di problemi, sia che introducano potenzialità, sia che mettano in circuito funzioni poco attraenti.

Spostando lo sguardo verso il lato sud dello Scalo si osserva che l'area si relaziona con una città storicamente di margine, caratterizzata dalla crescita di aree dedicate ai sistemi industriali ed artigianali, ma anche all'accoglienza di popolazioni straniere (Consolato Cinese) e di persone in difficoltà (dormitorio di viale Ortles). Una città che oggi è sottoposta ha una forte programmazione urbanistica volta alla sua rigenerazione attraverso l'insediamento di importanti funzioni terziarie con sedi museali e culturali (Fondazione Prada, Smemoranda). Lo Scalo ha quindi assunto il ruolo di barriera, rafforzando la distanza tra le due parti di città sorte a nord e a sud e costituendo un elemento di frattura nel disegno della città compatta, senza che nessun attraversamento al suo interno si sia reso possibile nel tempo. Lo Scalo è stato attraversato da sempre solo ai suoi margini, a est e a ovest sistemi viari esterni allo stesso. Il ruolo di barriera è stato rafforzato anche dal traffico veicolare, almeno sui tre lati di via Isonzo e sui ponti di via Ripamonti e corso Lodi, e questo ha reso ancora più lontano lo Scalo dalla percezione quotidiana dei suoi spazi, vista anche la mancanza di piste ciclabili protette.

Questa separatezza della vita della città è uno dei motivi per cui le dimensioni paesaggistiche dello Scalo sono sconosciute. Come linea del ferroviaria, lo Scalo Romana, risulta assai centrale per gli spostamenti intercomunali, mettendo però in evidenza le problematiche di intermodalità che sorgono a causa della distanza tra la stazione ferroviaria e le altre linee di trasporto pubblico urbano. La stessa centralità come snodo di trasporto pubblico su ferro genera problemi tipici quali quelli dell'inquinamento acustico, particolarmente percepito nelle zone a ovest e a sud dello Scalo. In questo senso lo spessore dei fasci di binari mette in luce alcune possibilità relativamente alle scelte di dove far transitare nel futuro i treni, anche oltre l'attuale scelta di aree da assoggettare a dismissione, così come la vastità dell'area induce a ipotesi diverse sulla possibile ubicazione del passaggio ferroviario. Pochi sono i manufatti all'interno dello scalo su cui vi è possibilità di recupero funzionale, anche se questo è generalmente auspicato ove possibile.

3.1. Riconessione, riconversione e analisi SWOT

Il problema maggiore che riguarda l'area in oggetto è l'assenza di relazioni con i tessuti urbani che si attestano sullo Scalo e lo circondano. Un'assenza che sui lati minori, corso Lodi e via Ripamonti, è determinata da un'importante differenza di quote per consentire il superamento del viario dei binari, ma che sui lati

longitudinali è marcata dal recinto murario. Pertanto, l'area dello Scalo dovrebbe aprirsi ai quartieri a nord e allo stesso tempo integrarsi ai tessuti urbani a sud, così da riconnettere i due lati opposti. Questa ricucitura porterebbe numerosi vantaggi, come le connessioni tra nord e sud ad oggi mancanti.

Parallelamente a questa riconnessione bisogna considerare anche la riconversione in termini di utilizzo dell'area dismessa. In passato si è già assistito, in questa zona, a riqualificazioni di aree dismesse di dimensioni simili, come ad esempio l'area dell'ex OM: essa è stata completamente recuperata facendo interagire edifici residenziali e amministrativi e un parco pubblico, integrandoli ad una rete ciclo-pedonale e ad una ottimizzazione dei mezzi pubblici. Infatti, prendendo in considerazione il PGT di Milano e l'AdP tra il Comune e le Ferrovie dello Stato, l'intenzione principale è quella di riconvertire lo Scalo Romana in un'area verde pubblica, andando ad ottimizzare i percorsi le percorrenze tra nord e quella sud, riducendo così i tempi, ottimizzando le connessioni tra i mezzi pubblici e creando una connessione delle aree verdi tra est e ovest di parchi, percorribili tramite percorsi ciclo-pedonali.

Per ottimizzare le varie valutazioni sull'area in oggetto si utilizzerà uno strumento specifico, ovvero l'analisi SWOT (Fig. 49). L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica e di supporto alle decisioni, particolarmente utilizzata nella programmazione territoriale. Il suo nome costituisce l'acronimo dei quattro fattori su cui si incentra l'analisi:

- Punti di forza (Strengths),
- Punti di debolezza (Weaknesses),
- Opportunità (Opportunities)
- Minacce (Threats).



Figura 49 - Schema analisi SWOT | Fonte: www.wikipedia.com

È conosciuta anche come Matrice SWOT, in quanto il suo esito viene di norma espresso attraverso una matrice interno/esterno, dove S-W (punti di forza e

debolezza) sono considerati fattori endogeni (interni), mentre O-T (opportunità e minacce) sono essenzialmente fattori esogeni (esterni). La matrice evidenzia così le strategie opportune per massimizzare le opportunità e minimizzare i rischi, adeguando l'organizzazione in terna del progetto.

Riassumiamo di seguito sei fasi salienti per la realizzazione di una corretta analisi SWOT:

- Ricognizione del contesto territoriale in cui viene realizzato il programma (costruzione di indicatori sociodemografici ed economici) e identificazione delle principali tendenze e problematiche;
- Identificazione delle possibili azioni in relazione alle principali problematiche evidenziate;
- Analisi del contesto esterno e identificazione delle opportunità e delle minacce (O&T);
- Analisi del contesto del programma e identificazione dei fattori, anche solo parzialmente sotto il controllo del gestore del programma, che possono agevolare o ostacolare lo sviluppo (S&W);
- Classificazione/selezione delle possibili azioni in base alla loro rilevanza ossia: identificazione di quelle azioni (linee guida strategiche) che, facendo leva sui punti di forza, tentando di ridurre quelli di debolezza massimizzando le opportunità e minimizzando le minacce, siano maggiormente in grado di ridurre i problemi di sviluppo;
- Giudicare la rilevanza di una strategia già attuata o pianificata (verifica rilevanza interventi rispetto agli elementi di contesto SWOT).

3.1.1. Applicazione dell'analisi SWOT: strategie e obiettivi

L'analisi condotta evidenzia come le problematiche da affrontare siano molteplici. Nella definizione della strategia e delle azioni messe a punto, si tiene conto di alcuni scenari di fondo in cui l'area si trova ad operare. L'Ambito di Trasformazione Urbana "Romana" risulterà caratterizzato dalla presenza di un parco urbano quale sistema di verde portante della "Collana Verde" a sud, grazie alla quale verrà garantito l'attraversamento est-ovest della città. Il parco, con la copertura parziale dei binari, sarà tale da garantire anche la permeabilità nord-sud tra i tessuti lacerati dallo scalo ferroviario. Il collegamento al sistema dei parchi esistenti e programmati, attraverso connessioni ciclo-pedonali, permetterà la tessitura di una rete verde capillare sul territorio circostante lo scalo. Lo spazio pubblico disegnerà le aree di concentrazione fondiaria all'interno delle quali verrà favorita la realizzazione di funzioni legate al sistema dell'università. La grande accessibilità dell'area è garantita dalla stazione ferroviaria e dalla stazione metropolitana Lodi TIBB, nonché dai nuovi collegamenti pubblici che interessano l'area sia tangenzialmente in direzione est-ovest che internamente in direzione nord-sud.

Per condurre dunque un'analisi SWOT bisogna innanzi tutto porsi delle domande e cercare delle risposte attraverso uno studio del territorio.

- Forze

- Quali sono i tuoi punti di vantaggio?
- Cosa sai fare bene?
- Su quali risorse puoi fare affidamento?
- Gli altri, quali punti di forza riconoscono in te?
- Debolezze:
 - Cosa potresti migliorare?
 - Cosa fai malamente?
 - Cosa dovresti evitare?
- Opportunità:
 - Quali buone occasioni ti stanno di fronte?
 - Di quali tendenze interessanti sei a conoscenza?
 - Buone occasioni possono derivare da cose come: cambiamenti nelle tecnologie o nel mercato su grande o piccola scala, cambiamenti nelle normative e nelle procedure legate al tuo campo, cambiamenti sociali, cambiamenti di abitudini, stili di vita delle persone, eventi locali, ecc.
- Minacce:
 - Quali ostacoli hai di fronte?
 - Cosa stanno facendo i tuoi concorrenti?
 - Le richieste e le specifiche del tuo lavoro, prodotto o servizio stanno cambiando?
 - I cambiamenti delle tecnologie minacciano la tua posizione?
 - Hai debiti o problemi finanziari?
 - Qualche tua debolezza può seriamente minacciare i tuoi obiettivi?

Una volta chiari i quesiti, sarà opportuno elencare i fattori che condizionano l'area sia dall'interno (forza e debolezza), sia dell'esterno (opportunità e minacce).

- Forze
 - Area ricca di servizi e funzioni collettive, data dalla sua posizione adiacente al centro storico cittadino;
 - Ben fornita con mezzi pubblici di superficie e sotterranei e postazioni bike sharing;
 - Connessione alla rete ciclabile esistente in corso Lodi e in fase realizzativa in via Lorenzini;
 - Tangenza agli assi radiali corso Lodi e via Ripamonti e alla circonvallazione esterna delle regioni;
 - Vicinanza di poli attrattivi culturali (Fondazione Prada) e accademici (Università Bocconi);
 - Riqualficazione dell'aree adiacenti in atto (Symbiosis, nuovo Campus Bocconi);
 - Presenza di aree verdi pubbliche attrezzate.
- Debolezze
 - Sconnessione dei tessuti urbani nord e sud;
 - Mancanza di collegamento ciclo-pedonale tra le aree verdi attrezzate;
 - Aumento del traffico cittadino;
 - Scarsa valorizzazione dell'area;
 - Barriera definita dalla ferrovia che prova un taglio nel tessuto cittadino;

- Assenza di collegamento diretto tra i mezzi pubblici e il passante ferroviario.
- Opportunità
 - Bonifica e riqualificazione dell'intera area dello scalo;
 - Innesto di servizi mancanti nell'area;
 - Riduzione dei tempi di percorrenza tra la zona nord dello scalo e quella sud, come ad esempio il tratto piazzale Lodi e Fondazione Prada;
 - Progettazione di una rete ciclo-pedonale che connette i parchi circostanti presenti;
 - Connessione rapida di trasporto pubblico tramite una navetta su rotaie tra la stazione Romana e Rogoredo;
 - Spazi pubblici così da fornire aree per eventi locali;
- Minacce:
 - Aumento del traffico cittadino sulle strade a scorrimento primario;
 - Rumore causato dal passante ferroviario;
 - L'analisi SWOT condotta sull'area, permette di soffermarsi su alcuni aspetti emergenti. Analizzando nel contesto dello Scalo Romana, si nota infatti che si tratta di un luogo con un grandissimo potenziale: ci si trova in un'area ricca di punti di forza e possibilità. Lo stesso area può diventare un nuovo polo attrattivo per la città di Milano, una volta riqualificata l'area tramite il raggiungimento degli obiettivi, spiegati in seguito.

Nuove relazioni tra i tessuti urbani a nord e a sud dello Scalo Romana

La possibilità di connettere la città a nord con quella a sud dello Scalo trova un ampio consenso ma introduce di riflesso il tema di come dovranno essere realizzati e quali caratteristiche dovranno assumere fisicamente e funzionalmente i collegamenti. Gli attraversamenti nord sud dovranno interessare lo Scalo in più punti, possibilmente accompagnati da connessioni e corridoi verdi e non riferiti esclusivamente all'uso antropico. Pertanto, si provvederà a un parziale interrimento dei binari che manterranno il loro esercizio, per consentire la realizzazione di ampi spazi verdi e di tutti i necessari attraversamenti, che sarebbero negati mantenendo a quota zero la ferrovia. In questa prospettiva, il tracciato ferroviario la zona a sud di Milano dovrebbe essere interrato per permettere la realizzazione di un grande polmone verde in città.

Nuove connessioni viabilistiche e ciclo-pedonali in direzione est-ovest

La mancanza di connessioni a nord sud e l'ampiezza longitudinale dell'area in oggetto rendono assai critici anche gli attuali collegamenti viabilistici est ovest, aggravando il traffico che si riserva sulle due direttrici principali nord sud di via Ripamonti e corso Lodi. Lungo viale Isonzo si propone di realizzare un percorso ciclo pedonale che permette di raggiungere in sicurezza i parchi Ravizza e Pompe Leoni e di connetterli al futuro cuore verde dello scalo.

Integrazione della stazione MM3 Lodi TIBB e FS Romana

Un'esigenza particolarmente sentita riguarda la realizzazione di un efficace collegamento tra la stazione della metropolitana MM3 e la stazione FS Romana,

oggi lontani e difficili da raggiungere a piedi. Pertanto, si suggerisce un collegamento ciclopedonale che passa sotto il ponte di corso Lodi adiacente al passaggio della ferrovia già esistente. Questa tipologia di intervento porterebbe ad una sostanziale riduzione dei tempi di percorrenza tra i due mezzi pubblici.

Connessione delle stazioni FS Romana e Rogoredo

La connessione delle stazioni Romana e Rogoredo è molto suggestiva. Essa sarà permessa tramite un sistema di trasporto pubblico di tipo ferroviario (navetta). Quest'ipotesi riprende la previsione contenuta nel PGT vigente di generare una nuova linea di forza sotto il profilo trasportistico. Tale intervento andrà ad agevolare i tanti pendolari che da Lodi, in generale dal sud est milanese, devono quotidianamente raggiungere la zona di Assago. Il nuovo servizio su ferro tra le due stazioni permetterebbe ai passeggeri provenienti da Lodi di raggiungere la stazione di San Cristoforo, scambiando con il servizio metropolitano, per raggiungere Assago.

Scalo Romana come cuore verde in una rete di spazi a scala territoriale

La figura generale degli spazi aperti di scala territoriale compone e armonizza due differenti matrici di spazi aperti virgola che vedono il loro fulcro di incontro nello scalo Romana:

- Un corridoio lineare est ovest, che si sviluppa lungo il sistema dei binari ferroviari; in particolare , il progetto rotaie verdi, propone la realizzazione di un vero e proprio parco lineare fra lo Scalo di San Cristoforo e quello Romana. Una nuova infrastruttura ecologica e ambientale, che connette le zone rurali a sud ovest e a est della città, caratterizzando e rafforzando la direzione est ovest;
- Un sistema diffuso nord sud, che collega in più punti i residui spazi verdi della città consolidata a nord e il sistema delle aree in corso di trasformazione a sud dello Scalo Romana, fino a raggiungere gli spazi aperti nel Parco Agricolo Sud, anche attraverso la linea di forza del trasporto pubblico, rappresentato dal collegamento fra Porta Romana e Rogoredo.

Verde allo Scalo Romana: unitario, articolato e diversificato per funzioni ospitate

Lo spazio aperto immaginato all'interno dello Scalo Romana, come detto nodo della connessione del verde fra la scala territoriale e quella locale, sarà l'esito di un progetto basato su tre caratteristiche fra loro strettamente integrate:

- Un grande spazio unitario, fruibile e permeabile, da cui si diramano in più punti i collegamenti pedonali e ciclabili in direzione nord sud, ricucendo in questo modo le trame interrotte dalla realizzazione dello scalo;
- Un sistema di verde articolato attraverso la creazione di spazi diversificati, sia naturali che artificiali;
- Una connotazione funzionale prevalentemente sportiva e ricreativa, da dedicare in particolare ai bambini e ai giovani, ma anche un possibile ab della cultura e di servizi innovativi.

Creazione di spazi e attrezzature per i giovani e i bambini all'interno del parco

Lo Scalo Romana si presta a rispondere ad alcune esigenze di rafforzamento e delocalizzazione di spazi per la cultura e la formazione. La scelta si indirizza nel destinare parte delle superfici alla realizzazione di servizi primari per l'infanzia (scuole materne), in considerazione sia delle dinamiche insediative recenti, sia della scarsa offerta di servizi per la fascia di età 2-5 anni. Una città che sta crescendo necessita di attrezzature quali una biblioteca e spazi di sperimentazione come, per esempio, una ludoteca e spazi ricreativi all'aperto, immersi nel verde.

Nuove strutture di aggregazione per giovani

L'attenzione ai giovani cittadini si estende anche alle fasce di età superiore attraverso spazi e servizi a loro destinati, ad esempio tramite un centro aggregativo soprattutto per i giovani che in queste zone non dispongono di luoghi di aggregazione e socializzazione. Il tema della socializzazione emerge anche in relazione alla richiesta di nuovi spazi per la popolazione adulta che frequenta spazi e servizi quando messi a disposizione.

Nuovo Hub della cultura

La dimensione e la localizzazione dello Scalo Romana nell'ambito della città permettono di pensare una rete di servizi alla cultura e all'arte così da indirizzare il recupero verso l'idea di hub della cultura, il fulcro da cui si diramano e al quale vengono attratte e connesse varie attività culturali presenti in altre zone della città, come Porta Genova e Rogoredo. Come hub della cultura dovrebbe quindi dotarsi di un centro polifunzionale per l'arte, la musica e altre attività, ma anche di attrezzature che permettono di organizzare eventi e ricordare il ruolo della memoria delle ferrovie nella città appunto un servizio che promuova le forme culturali e aggregative secondo le esigenze di chi abita, da connettersi alle grandi mostre che saranno organizzate dalla Fondazione Prada.

Previsione di aree e attrezzature sportive

La dimensione dello Scalo, prossimo al Parco Ravizza che sede delle attività all'aperto del quartiere, inducono a pensare anche ad un possibile utilizzo per dare risposta ai bisogni correlati alla carenza di spazi per lo sport: è normale pensare alla possibilità di realizzare una sorta di "cittadella dello sport" (aree verdi per correre, camminare, praticare attività sportive, spazi per bambini e giovani, ecc.), da immaginare connessa a nuovo Campus Bocconi. Va sottolineato che non sono previsti servizi dedicati alla viabilità, in particolare tra la sosta delle autovetture, per cui l'auspicio è di non prevedere alcun nuovo parcheggio di interscambio.

3.2. Il progetto urbanistico

In seguito agli studi effettuati dei primi capitoli, il passo successivo è stato quello di riassumere tutte le informazioni per andare ad effettuare un'ipotesi di masterplan

progettuale. Gli studi compiuti hanno preso in considerazione la storia dello Scalo Romana, il quale ha sempre fatto parte del tessuto urbano del sud est di Milano. Questo è visibile fin dal 1884 all'interno del piano Beruto, che rappresentò l'inizio vero e proprio di una pianificazione stradale generale della città (Fig. 50). Le linee del piano identificano gli ambiti e le aree dei nuovi scali merci, tra le quali anche quello dello Scalo Romana, fuori dalle maglie e dagli isolati disegnati all'esterno della circonvallazione dei bastioni. Da quel momento lo scalo ha fatto parte della città di Milano, la quale si è sviluppata intorno ad esso.

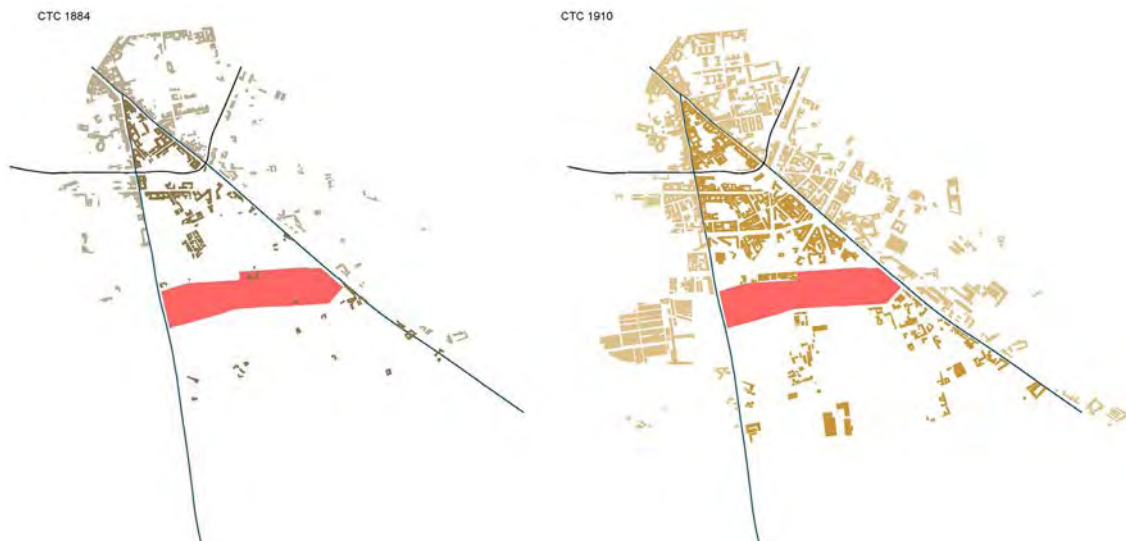


Figura 50 – Analisi storica 1884 e 1910, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

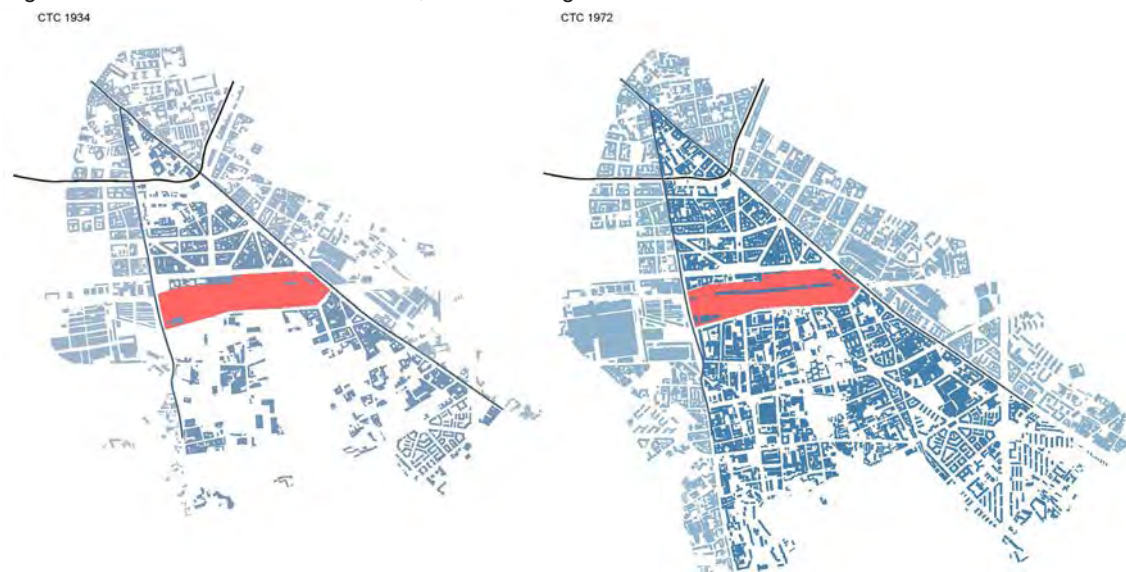


Figura 51 – Analisi storica 1934 e 1972, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Negli anni successivi furono redatti nuovi Piani Regolatori ponendosi in sostanziale continuità con i piani precedenti in alcuni casi tutto (Fig. 51). Spesso l'idea era quella di rinsaldare la connessione tra i vari quartieri cittadini e nuovi poli di sviluppo, a volte utilizzando e trasformando l'esistente, a volte stravolgendolo completamente. Negli anni Settanta, la popolazione di Milano si distribuisce secondo un nuovo modello: le aree entro la cicerchia dei Navigli, ma anche la fascia intermedia fino alla circonvallazione esterna, perdono abitanti dando avvio

al processo di espansione verso sud. Quindi, facendo riferimento al punto di vista di sviluppo storico dell'aria in oggetto, lo Scalo Romana fin dal principio è stato un personaggio importante e caratterizzante del sud est di Milano, andando a creare una discontinuità netta nel tessuto urbano tra nord e sud.

Un altro aspetto preso in considerazione, legato alla storia dell'area, è stata l'analisi sull'archeologia industriale. Intorno allo scalo vi furono attività industriali e artigianali molto importanti, tra cui ricordiamo la Centrale termica AEM "Trento", che confina con lo scalo romana, la ex OM, ex area dismessa recuperata tramite il PRU ed inaugurata nel 2004, la vetreria milanese Lucchini Pereco, attualmente Liceo Scientifico Einstein e Istituto Tecnico Verri, l'ex Centrale del latte, su cui sorge il nuovo campus Bocconi, e la TIBB, in piazzale Lodi.

3.2.1. Analisi dell'intorno urbano e scelte progettuali

Il passo successivo è stato quello di riassumere le informazioni precedenti in un unico inquadramento territoriale, dal quale è emerso che:

- Lo Scalo Romana si situa lungo la cintura ferroviaria sud di Milano e si sviluppa in direzione est-ovest in prossimità dell'antica Porta Romana, lungo lo storico asse radiale di uscita dalla città verso la via Emilia/Corso Lodi. È delimitato a nord dal tracciato anulare di Viale Isonzo e Piazza Trento, ovvero da un tratto della circonvallazione "Viali delle Regioni", a sud dai tracciati delle vie di quartiere Giovanni Lorenzini e Brembo, mentre ad est e ad ovest lo scalo è delimitato dai due tracciati radiali, rispettivamente Corso Lodi e via Giuseppe Ripamonti, e dai due cavalcavia necessari al superamento della cintura ferroviaria che corre alla quota di campagna;
- Le origini e la conformazione dello Scalo Romana risalgono alle linee del Piano studiato da Cesare Beruto (1884), in base a cui si sono orientate e costituite le trasformazioni e gli ampliamenti della città tardo ottocentesca. Fuori dalle maglie e dagli isolati disegnati esteriormente alla circonvallazione dei bastioni il piano Beruto ritaglia gli ambiti e le aree dei nuovi scali merci ferroviari che non subisce modificazioni o aggiornamenti successivi, mantenendo la sua forma e i suoi caratteri invariati fino ad oggi;
- L'area dell'ex Scalo ferroviario Romana è delimitata su tre lati da altrettanti assi primari e forte-mente congestionati della viabilità cittadina, vale a dire C.so Lodi a est, viale Isonzo a nord e via Ripamonti ad ovest;
- L'area limitrofa presenta già dei poli attrattivi, quali fondazioni Prada e l'Università Bocconi, che verrà arricchita una volta conclusi i progetti in esecuzione del nuovo Campus Bocconi e Symbiosis;
- Ricca presenza di aree verdi attrezzate connesse tra loro e la vicinanza del Parco Agricolo Sud di Milano;
- L'ottima condizione delle reti cinematiche con strade di scorrimento primario e secondario e l'ampliamento della pista ciclabile che corre intorno al perimetro dello scalo;
- L'area è fortemente servita dal punto di vista del trasporto pubblico, sia di superficie che sotterranea. Possiamo sottolineare la presenza delle filobus 90

e 91, che seguono il perimetro della circonvallazione esterna, e la presenza della metropolitana MM3 Lodi TIBB, a poche fermate dal Duomo di Milano. Inoltre via la fermata del passante ferroviario S9 e numerose postazione “bike sharing” ATM.

- Infine, data la localizzazione è importanza della zona, intorno allo scalo possiamo trovare numerosi servizi e funzioni collettive, raccogli servizi dedicate alla salute, alla istruzione, alla cultura, ha funzioni amministrative e ad attrezzature religiose.

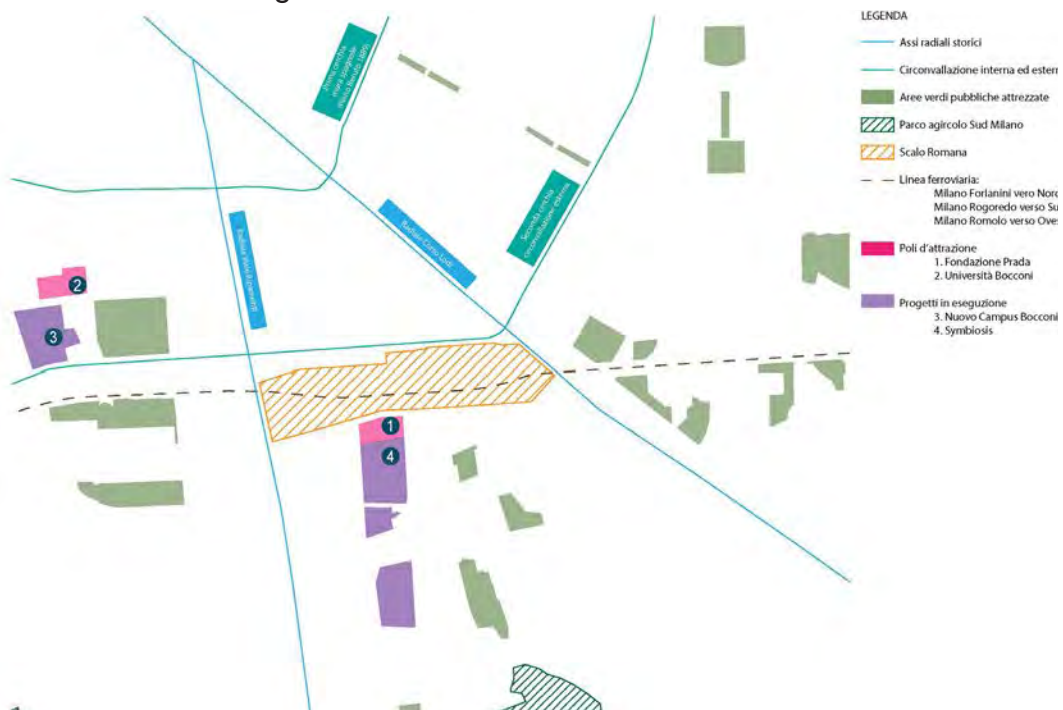


Figura 52 – Inquadramento territoriale dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

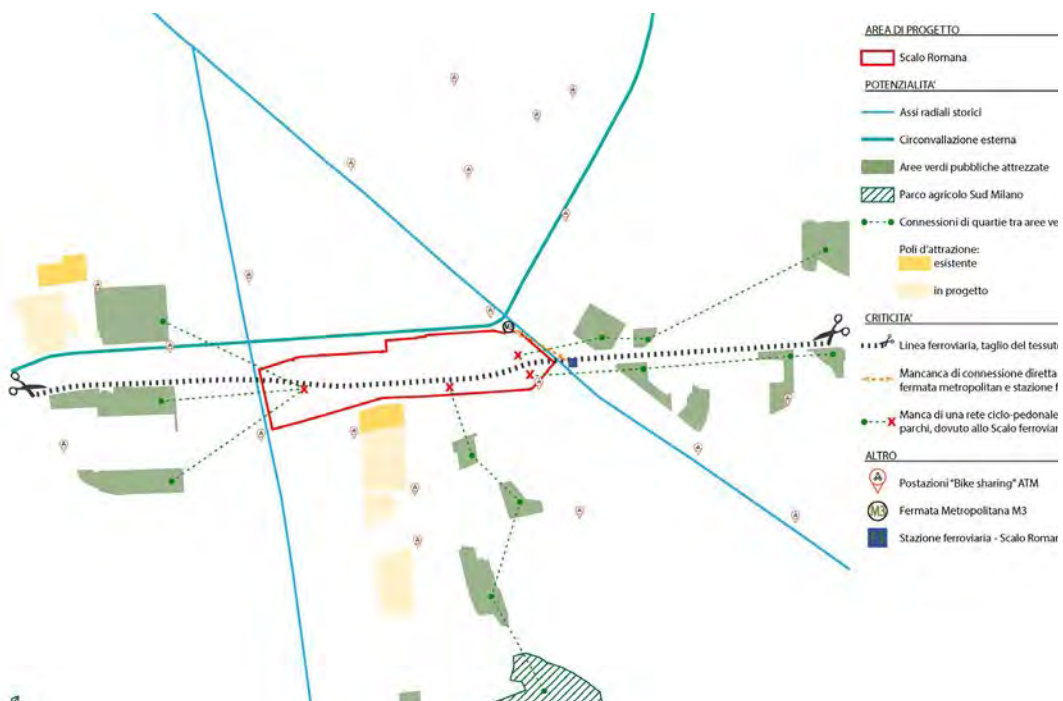


Figura 53 – Diagnosi urbanistica dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Di seguito, sulla base dell'inquadramento territoriale (Fig. 52), è stata eseguita una diagnosi urbanistica (Fig.53), dalla quale sono emersi le potenzialità e le criticità definite anche durante l'analisi SWOT. La definizione delle tipologie di intervento si basa sulla , ovvero la linea ferroviaria che taglia il tessuto urbano esistente e dalla mancanza di una connessione ciclo-pedonale continua.

Pertanto l'intervento di riqualificazione andrà a ricucire la parte nord con quella sud dello Scalo, riducendo così i tempi di percorrenza tra le due parti, creando una rete ciclo-pedonale continua tra i parchi esistenti e l'area verde che verrà ospitata all'interno dell'area di progetto (Fig. 54).

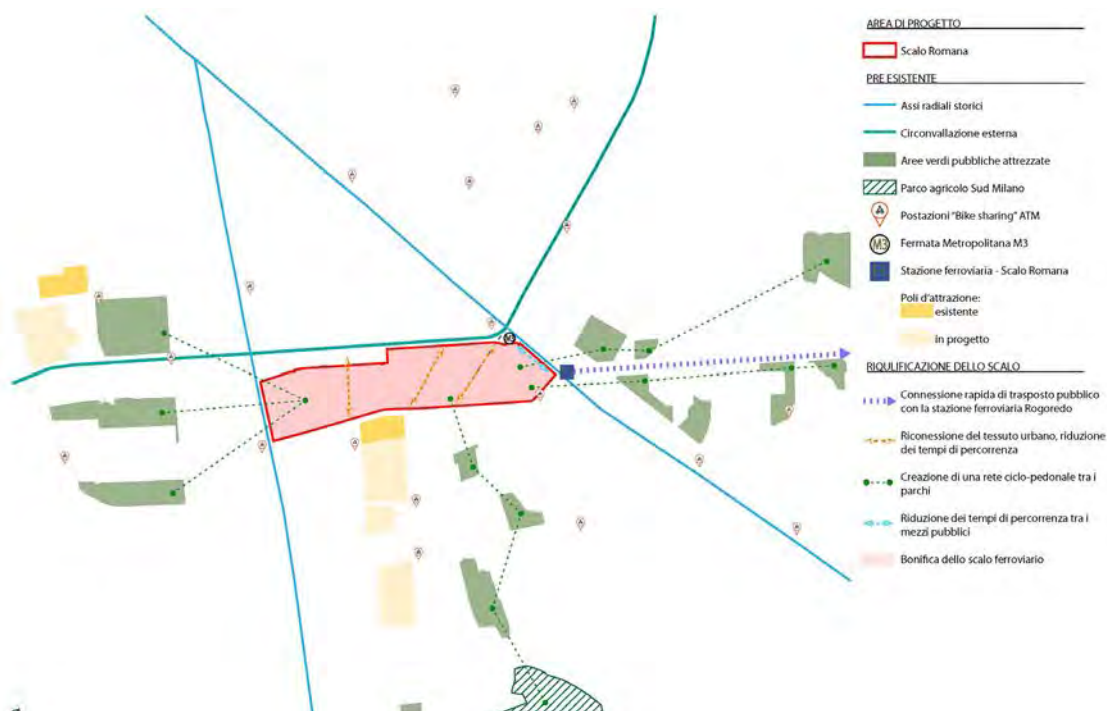


Figura 54 - Definizione tipologie d'intervento dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Dopo aver analizzato le linee guida tracciate dal Comune di Milano si è proceduto alla redazione di una ipotesi, anche critica sotto certi punti di vista, di masterplan di questo grande "vuoto urbano".

3.2.2. Masterplan progettuale

Il masterplan è un documento di politica strategica che definisce i presupposti generali per la pianificazione territoriale, identificando gli stakeholder, le possibili fonti di finanziamento e gli strumenti e le azioni necessarie per l'attuazione del piano. Esso è stato sviluppato sulla base delle considerazioni fatte nel progetto urbanistico, considerando inoltre le tematiche riscontrate nel PGT del Comune di Milano in riferimento alla zona in oggetto.

Il progetto fa riferimento a tutta l'area dello Scalo Romana e comprende un insieme di funzioni e spazi ben definiti ed attraverso il masterplan vengono evidenziati i loro usi. L'aspetto più importante del masterplan progettuale era la riconnesione del tessuto urbano, tramite dei passaggi pedonali e che potessero "scavalcare" la linea ferroviaria. Per questo è stato eseguito uno studio della matrice urbana, così

da ricreare un disegno che collaborasse con percorsi già esistenti, evidenziando le direttrici presenti come l'asse della circonvallazione (Viale Umbria), gli assi radiali storici (Via Ripamonti e Corso Lodi), le strade di scorrimento secondario e di quartiere e le piazze esistenti (Piazza Trento e Piazzale Lodi) (Fig. 55).

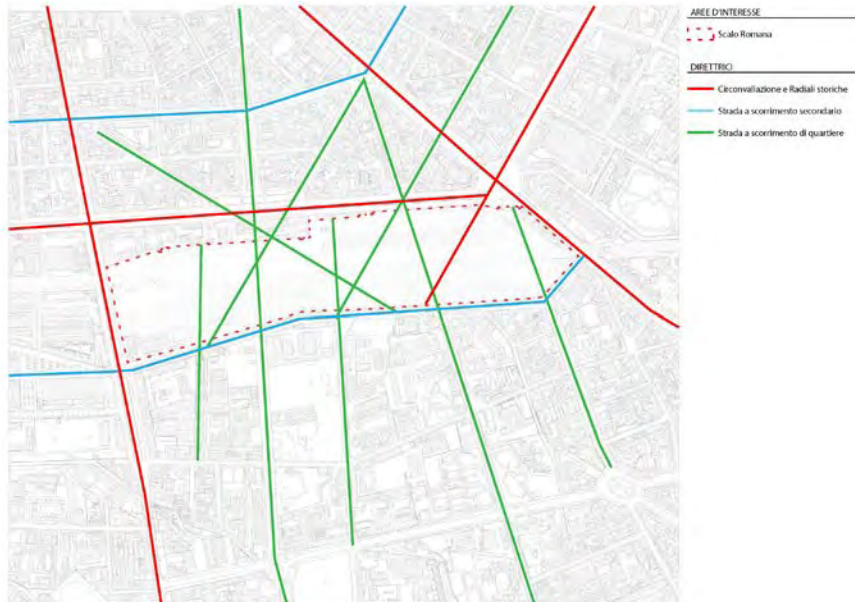


Figura 55 – Analisi delle direttrici dell'area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Questo studio è stato utile per realizzare il progetto urbano di riconnessione tra le due parti di città. In seguito è stata fatta un'analisi dell'area, rielaborando gli studi effettuati in precedenza. Si è voluto evidenziare la linea ferroviaria, barriera architettonica che separa le due parti di città, e i poli attrattivi esistenti e futuri dell'aria, quali Fondazione Prada e la futura TorreA2A, in modo da ipotizzare i flussi maggiori prendendo in considerazione i mezzi di trasporto presenti nell'area adiacente allo Scalo Romana e lo studio delle direttrici precedente (Fig. 56).

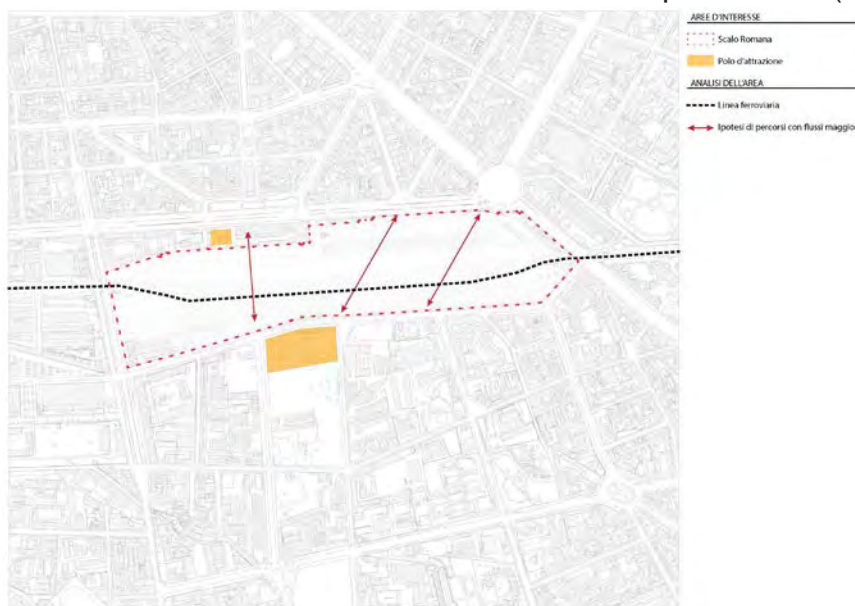


Figura 56 – Analisi dell'area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Di conseguenza, è stato possibile definire delle soluzioni progettuali (Fig. 57) che porteranno alla definizione del masterplan:

- È stata sfruttata l'orizzontalità suggerita dalla larghezza dello scalo e dal percorso ferroviario, in maniera da creare dei percorsi est ovest;
- Si è preso in considerazione un edificio esistente, ex deposito dello Scalo, situato sulla radiale storica di via Ripamonti, convertendolo a spazio eventi, come mercatini di quartiere o eventi serali (attività in uso attualmente all'interno dello scalo ma su spazi e strutture temporanei), e come luogo dedicato ai ragazzi, fornendogli anche di spazi per attività sportiva;
- Si è preso anche in considerazione piazza Trento e si è deciso di specchiare quella superficie all'interno dello Scalo, così da ricreare un legame con l'urbanistica circostante. La nuova piazza ospiterà un orto cittadino, creando un spazio d'aggregazione, e sorgerà una passerella sospesa che collegherà la parte nord alla parte sud della città, riducendo i tempi di percorrenza tra piazzale Trento e via Lorenzini;
- Verranno edificati due blocchi su viale Isonzo, così da riprendere la Cortina edilizia sul fronte strada opposto;
- Verrà progettata una collina artificiale seguendo la direttrice di viale Umbria riducendo anche in questo caso i tempi di percorrenza da piazzale Lodi a via Brembo, riducendo così il tessuto urbano. Nelle vicinanze della collina verrà posto l'edificio di progetto, che avrà una nuova tipologia insediativa, ovvero come città verticale.

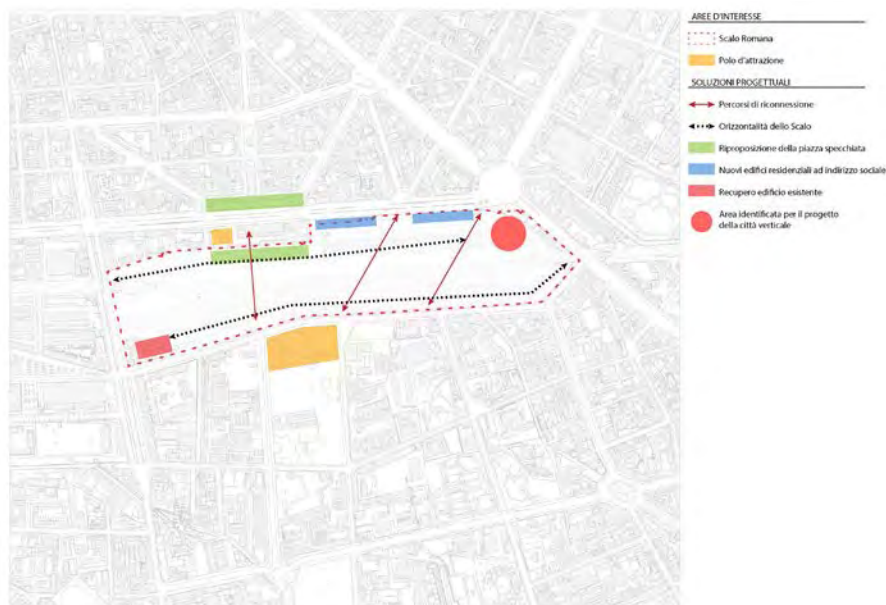


Figura 57 – Soluzioni progettuali dell'area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

In secondo luogo, sono state nuovamente sfruttate le direttrici dettate dalle strade di scorrimento di quartiere creando collegamenti ciclopedonali con i percorsi orizzontali all'interno dello Scalo e un'ulteriore connessione tra la parte nord e sud dello scalo tramite un ponte. Sempre le stesse direttrici sono state poi sfruttate per creare delle piazze attrezzate con spazi giochi per bambini e zone boschive, fortemente alberate, così da ricreare un disegno dei quartieri limitrofi allo Scalo (Fig. 58).

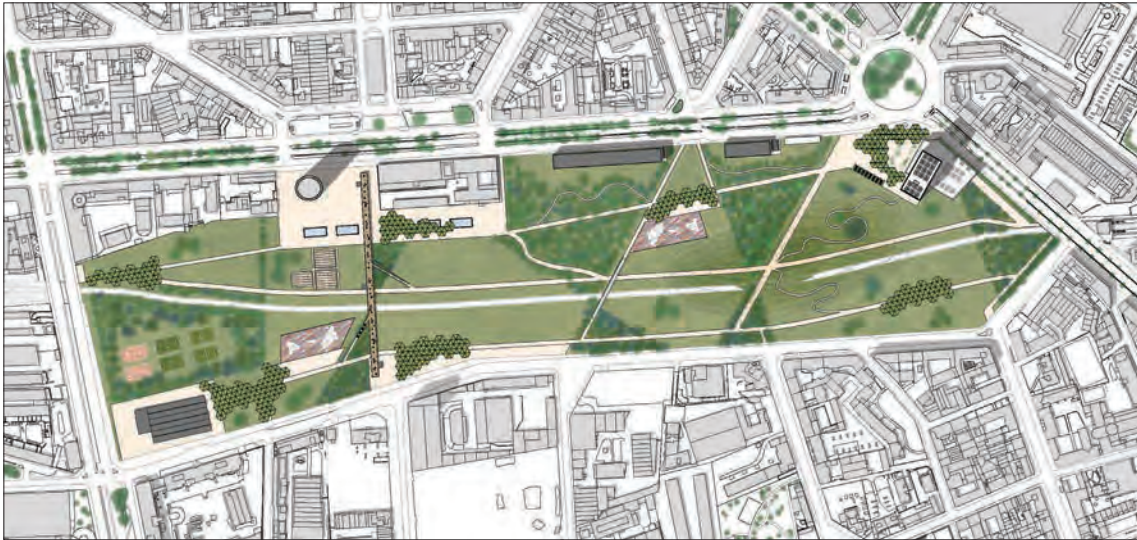


Figura 58 – Masterplan di progetto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

3.2.3. La collina artificiale e la passerella sulla ferrovia

La collina artificiale e la passerella sono due elementi importanti del masterplan , in quanto non sono solamente con la funzione di attraversamento della ferrovia, ma hanno anche funzione di sosta terra poter godere della visuale del paesaggio offerto dallo scalo. Entrambi sono stati pensati e progettati facendo riferimento ha dei progetti già realizzati. I riferimenti della collina artificiale sono presenti all'interno della città di Milano, ovvero: il Monte Stella e la collina del Parco del Portello.

Il Monte Stella (Fig. 59) si tratta di una collinetta artificiale formata inizialmente con l'accumulo di macerie, provocate dai bombardamenti effettuati dalle forze angloamericane durante la Seconda guerra mondiale e con altro materiale proveniente dalla demolizione degli ultimi tratti dei Bastioni, avvenuta dopo il 1945.

Il progetto si deve all'architetto Piero Bottoni, che lo dedicò alla moglie Elsa

Stella, da cui la collina prende il nome. Questa collina artificiale ha un'altezza di quarantacinque metri al piano sottostante. Nel progetto originario del 1946 doveva essere alto il doppio, ma era limitato a causa delle forze laterali sul terreno, che potevano creare problemi agli edifici nei pressi di via Isernia sul lato est. Il primo passo è stato quello di realizzare gradini in cemento per poi accumulare detriti e terra di riporto, realizzando il Parco di Monte Stella, con una superficie di 370.000 mq tra bosco e prato. Il parco è costruito su gradini e collegato da una strada panoramica, che gira intorno alla montagna, da dove si può avere un'ampia visuale sulla città e sul suo entroterra, e se si ha un'alta visibilità, si può vedere l'intera Arco Alpino e Appennino emiliano a sud-ovest.

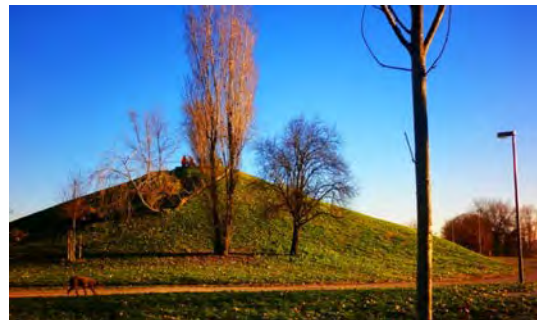


Figura 59 – Monte Stella |

Fonte: www.parcomontestella.it

Il Parco del Portello (Fig. 60) è una delle più recenti aree verdi di Milano ed anche chiamato Parco Industria dell'Alfa Romeo, in quanto sorge dove un tempo si trovava lo storico stabilimento dell'industria automobilistica. Il parco si colloca in una posizione particolare, configurandosi quasi come una porta di accesso alla città per coloro che arrivano a Milano dall'aeroporto o dalla fiera di Rho. Il parco vuole dare un senso di continuità tra passato e presente, seppur moderno nel suo aspetto. Infatti, ci sono parecchi collegamenti a realtà del passato, come la sopracitata Monte Stella: entrambe sono costruite con macerie e terra di scavo e le loro colline spingono il visitatore a salire, quasi come a voler far scoprire una nuova prospettiva. Il Parco Alfa Romeo è stato progettato dall'architetto paesaggista americano Charles Jencks e realizzato dal milanese Andreas Kipar e dal suo studio Land. Nel complesso, il parco vuole raccontare una o più storie, che si nascondono dietro le sue forme sinuose, colori e simboli sparsi, a volte "nascosti" dal verde. Colline, mezzelune e spirali (Fig. 61) sono i dettagli preferiti di Jencks, ma sono anche progettati per mantenere un senso di continuità con il passato del luogo, evocando così il vigore e la vitalità delle auto Alfa Romeo.

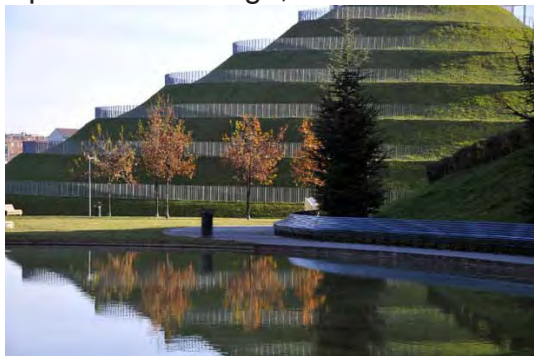


Figura 60 – Parco Portello |

Fonte: www.milano.repubblica.it



Figura 61 – Parco Portello, vista aerea |

Fonte: www.milano.repubblica.it

Le colline, visibili sin dall'esterno, sono tre, tutte di diverse dimensione e tutte con una loro particolarità:

- Preistoria richiama l'universo con spirali e particolari in pietra;
- Storia: con particolari riferimenti all'Alfa Romeo;
- Presente: questa è la più alta che si nota sin dalla Fiera di Milano City. Il suo percorso spinge più degli altri a salire verso l'alto per arrivare a un punto panoramico e a scoprire il DNA, simboleggiato in una scultura.

Il parco è infine arricchito da uno specchio d'acqua e dal Time Garden, riconoscibile dal suo muro rosso, lastre bianche e nere che si alternano (proprio per simboleggiare lo scorrere del tempo) e dettagli che richiamano mesi, stagioni, rebus e molto altro.

Invece, per la passerella sulla ferrovia sono stati studiati dei riferimenti più internazionali rispetto a quelli della collina. Infatti, i riferimenti progettuali sono: la passerella dei bagni pubblici di Bellinzona, High Line Park di New York e lo Sky Garden di Seoul.

Il progetto del bagno di Bellinzona propone la costruzione di un "edificio-percorso" sospeso a sei metri dal suolo è in grado di collegare la città con il



Figura 62 - Passerella Bellinzona | Fonte: www.spazium.ch

fiume, superando la cesura provocata nella strada cantonale. La passerella (Fig. 62) appare perfettamente simmetrica, sorretta nel mezzo da pilotis di cemento armato di 40 centimetri di diametro e ugualmente orlata da ringhiere di metallo; mentre nello sviluppo del progetto il gioco dei parapetti si raffinerà, alternando le ringhiere a setti di calcestruzzo armato di due diverse altezze, disposti in modo tale da riparare dal vento chi sosta sulla passerella o da proteggere dagli sguardi di coloro chi si muove sulla cosiddetta “passerella inferiore” dove sono collocati gli spogliatoi.

Il secondo riferimento è la High Line Park sita a New York. Questo costituisce un parco lineare realizzato su una sezione in disuso della ferrovia sopraelevata (West Side Line), che corre lungo il lato occidentale di Manhattan. Il parco è lungo circa 2.3 chilometri a circa dieci metri d'altezza ed è un eccellente esempio di riqualificazione urbana, che ha dato vita al quartiere. Il progetto dell'High Line rappresenta un recupero urbano di infrastrutture senza precedenti in USA ed è pensato come un nastro percorribile che si intreccia con le zone naturali del nuovo parco urbano, segnato da un sistema di unità prefabbricate che si collegano con la struttura sopraelevata. Si tratta del primo parco pubblico (Fig. 63) di questo genere negli Stati Uniti, ispirato almeno in parte alla Promenade Plantée di Parigi, un parco sopraelevato lungo quattro chilometri e mezzo, anch'esso costruito su un viadotto ferroviario abbandonato del 19esimo secolo. La costruzione del parco sopraelevato ha implicato una rimozione preventiva di tutto ciò che era presente sulla struttura ferroviaria, come binari, zavorra di ghiaia, terra e piantagioni, detriti e un sottile strato di cemento. Molte di queste componenti, tutte etichettate ed esaminate in seguito alla rimozione, sono state riposizionate successivamente e integrate nel progetto, sottolineando ulteriormente la volontà

di attuare un recupero conservativo. Ne è un esempio il reimpiego degli elementi in acciaio che, dopo aver subito processi di sabbiatura finalizzati alla rimozione della vernice originale, sono stati riverniciati per abbinarsi al colore originale della High Line (Fig. 64).



Figura 63 - Vista High Line Park |
Fonte: www.archdaily.it

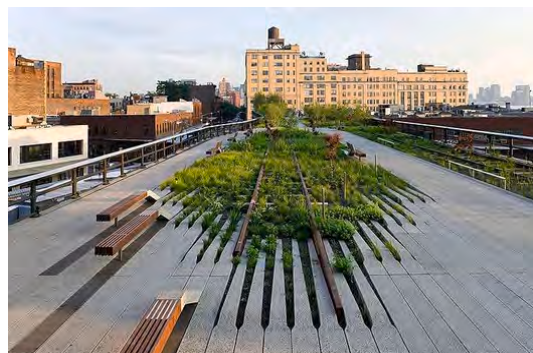


Figura 64 - Vista High Line Park |
Fonte: www.archdaily.it

L'ultimo riferimento è lo Sky Garden di Seoul progettato dallo studio MVRDV, il quale ha concluso i lavori nel 2015. Il design di MVRDV offre un dizionario vivente del patrimonio naturale della Corea del Sud al centro della città di Seoul. Collega gli abitanti della città con la natura, offrendo agli utenti l'opportunità di sperimentare le splendide viste sulla storica stazione di Seoul e sulla porta di Namdaemun. È un arboreto didattico (Fig. 65) e un vivaio per le specie future. Il nuovo viadotto pedonale accanto alla stazione principale di Seoul è il passo successivo per rendere la città più verde, più accogliente e più attraente. MVRDV si è impegnata con la necessità di trasformare questo elemento infrastrutturale in un simbolo verde, cambiando l'immagine del centro della città di Seoul. Insieme alla municipalità di Seoul, alle ONG locali, ai team paesaggisti e ai consulenti cittadini, MVRDV si è impegnata a fondo per accogliere la più grande diversità di flora in una condizione strettamente urbana. Il parco è popolato da 16 piccoli padiglioni come caffè, negozi, mostre, padiglioni per giardinieri, trampolini, pediluvii, palcoscenico, teatro per bambini e centro informazioni. Migliorano l'esperienza degli utenti, potenziando il parco con attività extra divertenti che coinvolgono la città a livello culturale e commerciale. Molteplici scale, ascensori, ponti e scale mobili collegano la città al nuovo parco, ricollegandola al tessuto urbano adiacente (Fig. 66). Lo Skygarden situato nel cuore di Seoul è un villaggio di piante, un paesaggio in continua evoluzione che ospita la più grande varietà di



Figura 65 - Accessi e vegetazione Sky Garden |
Fonte: www.archdaily.it

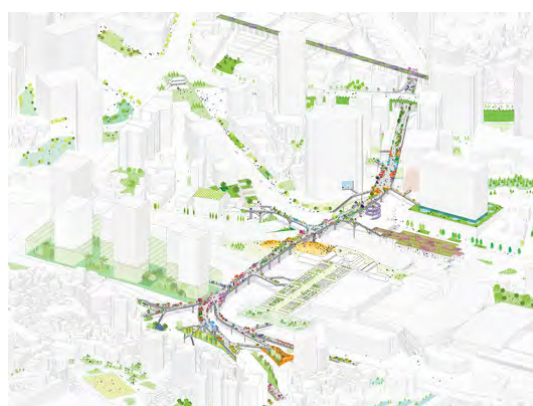


Figura 66 - Assonometria Sky Garden |
Fonte: www.archdaily.it

specie coreane in un parco pubblico, che raccoglie 52 famiglie di piante, tra cui alberi, arbusti e fiori esposti in 645 vasi di alberi, raccogliendo circa 160 specie e sottospecie. In totale, il parco includerà 24.000 piante (alberi, arbusti e fiori). Il parco lineare è stato concepito come una collezione di piccoli giardini, ognuno con una propria disposizione, profumo, colore e identità. Il paesaggio cambierà a seconda delle stagioni: i colori accesi delle foglie in autunno della famiglia delle Aceraceae (aceri), la fioritura dei ciliegi e dei rododendri in primavera, le conifere sempreverdi in inverno e gli arbusti e gli alberi fruttiferi in estate.

Pertanto, gli approfondimenti sono stati utili per andare a definire le funzioni della collina artificiale e della passerella sulla ferrovia virgola che non avranno solo lo scopo di riconnessione. Infatti, come si è potuto vedere dagli esempi riportati, entrambi avranno molteplici funzioni. La collina artificiale, che raggiungerà l'altezza di circa sei metri, oltre a essere il prolungamento della direttrice di viale Umbria, vuole dare la possibilità di una prospettiva differente dell'intera area dello Scalo Romana e fungerà anche da collegamento ai percorsi orizzontali dello Scalo, tramite percorsi secondari con forme più sinuose. Invece, la passerella sulla ferrovia potrà essere sfruttata anche come area di sosta e relax, in quanto ospiterà sedute e un percorso nel verde. Anch'essa sarà collegata tramite degli elementi di salita con i percorsi orizzontali dello scalo spunto.

3.3. Una torre differente: città verticale e vita di comunità

La caratteristica del XX secolo è lo sviluppo inarrestabile delle città. Nel corso di un secolo, la popolazione mondiale è passata da 160 milioni a 6 miliardi, portando inevitabilmente alla graduale densificazione delle città in risposta all'aumento della popolazione urbana. Secondo un rapporto delle Nazioni Unite del 2018, il 55% della popolazione mondiale vive nelle città. Dal 2018, il tasso di urbanizzazione del Giappone ha raggiunto il 92,49%. Il fatto innegabile è che la scelta di abitare in città attrae molte persone, soprattutto giovani, che possono condurre una vita libera dalle costrizioni della comunità e della famiglia come in provincia. Le città moderne forniscono una vasta gamma di mezzi di sostentamento e trasporti, portando a un afflusso di persone. L'ideologia modernista è favorevole allo sviluppo della città perché legittima la personalità egocentrica, libera le persone dalla comunità e vince sulla natura grazie alla tecnologia.

Due architetti del XX secolo, Mies van der Rohe e Le Corbusier, hanno immaginato una città del futuro in linea con idee moderniste: Mies ha proposto grattacieli in ferro e vetro, mentre la visione di Le Corbusier era una città verticale piena di uffici verdi e spazi per edifici residenziali a torre. Nel ventesimo secolo, la pianificazione di quasi tutte le metropoli è stata influenzata dalla loro visione. Alla fine del '900 la verticalizzazione degli edifici per uffici e residenziali era completamente fuori controllo. Sebbene questa situazione sia una risposta al processo di urbanizzazione, il motivo principale che domina i grattacieli è l'economia globale: per massimizzare il profitto dalla poca superficie si è reso necessario costruire in verticale.

Ad oggi gli edifici che sviluppano questa tipologia insediativa sono pochi, ma

come esempio più significativo può essere riportata la Shanghai Tower, con i suoi 632 metri di altezza, secondo grattacielo più alto del mondo (dietro gli 830 m del Burj Khalifa di Dubai). La torre è collocata nel cuore finanziario della metropoli cinese, l'imponente edificio, certificato LEED Gold, incorpora l'emergente potenza economica del Paese affiancandosi al Jin Mao Building e al Shanghai World Financial Center. Dal punto di vista funzionale, la Shanghai Tower si configura come una città verticale, suddivisa in nove "quartieri" sovrapposti, ciascuno dei quali conta dai 12 ai 15 piani per 380.000 mq totali di superficie. Le nove zone ospitano un punto panoramico, hotel, uffici, spazi commerciali e aree di intrattenimento, offrendo un'ampia varietà di destinazioni d'uso a servizio delle 16.000 persone che giornalmente abitano l'edificio.

Viene proposto un nuovo concetto di spazio pubblico. Veri e propri giardini verticali, creati fra le superfici della facciata, occupano un terzo della superficie del sito. Le aree verdi raffrescano gli ambienti, migliorano la qualità dell'aria e rappresentano per gli utenti una percezione totalmente nuova del vivere la socialità all'interno del grattacielo.

Un altro esempio che può essere riportato è ancora in fase di progettazione, ma si immedesima nel concetto di un edificio multifunzionale con sviluppo verticale. Il futuristico grattacielo, progettato da Zaha Hadid Architects, sarà formato da due torri speculari unite fra loro da giardini acquaponici terrazzati e ponti panoramici che regalano viste mozzafiato sulla città, oltre a purificare l'aria. La struttura dovrebbe raggiungere i 400 metri d'altezza e sarà il nuovo business center della Shenzhen Bay Super Headquarters Base con un hub tecnologico, uffici, negozi e ristoranti, oltre a un hotel con centro congressi, strutture culturali e gallerie espositive.

3.3.1. Evoluzione del modello grattacielo

La vertical city, o città verticale, può essere considerata come l'evoluzione del modello del grattacielo sotto diversi aspetti: economia, società e ambiente. Nelle metropoli, le discussioni sulle città verticali sono iniziate all'inizio di questo secolo, concependo un nuovo modello di vita urbana. La repentina implosione della città moderna ha portato ad interrogarsi circa il suo sviluppo; la conseguente verticalità nella crescita resa necessaria dal costante aumento della popolazione ha portato ad una nuova forma di modello abitativo. La vertical city nasce e prende forma dal concetto di verticalità tanto cara allo skyscraper, enfatizzando i due concetti chiave della tipologia torre: limitare il consumo di suolo e concentrare una maggiore densità di utenza interna. Questo dualismo è nato per sostenere la crescita delle città contemporanee, è stato sviluppato per questo, ma non ne è rappresentativo.

Partendo dal concetto di rappresentazione, c'è l'idea, il design e il "upgrade" fisico finale da grattacieli a città verticali. Concettualmente è quasi banale: la città verticale è un rappresentante diretto dell'insediamento orizzontale. È la proiezione sul piano verticale del punto di partenza. Elementare, o quasi. Perché la vera differenza nella rappresentazione sta nella scala della rappresentazione

stessa. Da sempre la singola abitazione, il singolo edificio, il singolo quartiere sono rappresentazioni dirette della struttura urbana all'interno della quale questi sono inseriti, con diversi segni e tracce l'identità di una persona e di un popolo sono disegnate da una architettura sociale stratificata. La vertical city invece è la corrispondenza verticale della città in tutte le sue regioni, ed è la rappresentazione totalitaria del comportamento della vita urbana. Si lavora, si dorme, si apprende, ci si diverte, ci si incontra, in una parola ci si vive in tutte le azioni dell'essenza umana. È dunque un nuovo modello abitativo di insediamento proprio della multiforme città contemporanea. Da e per quest'ultima prende vita, la vertical city nasce infatti per limitare la prosperosa orizzontalità della crescita della città del XXI secolo. L'idea di base è quella di far sì che la città non si espanda più verso l'esterno (cioè si non espanda orizzontalmente, ma si espanda verso l'alto), fornendo così un'alternativa fisica ai tre principali problemi di pianificazione urbana:

- Consumo di suolo nell'espansione della crescita;
- Limitata densificazione di insediamento;
- Crescente numero di abitanti.

3.3.2. “Home-For-All”, un progetto di architettura pubblica

La vera differenza di concezione, ideologica e progettuale, tra un tradizionale edificio a torre, pur moderno esso sia, e una vertical city, risiede infatti nella presenza di spazio pubblico in quest'ultima tipologia abitativa. Spazi sociali in grado di stimolare reazioni fisiche o emotive nel fruitore, dove questi, pur sempre all'interno di una mobilità controllata, è in grado di muoversi liberamente attraverso l'edificio. Specifici settori, dove i vari stakeholders diretti e indiretti vengono a contatto e interagiscono tra loro, supportati da interessi funzionali comuni. Nella vertical city, la serra urbana costantemente proposta in sommità ai recenti grattacieli viene sostituita da una playground di quartiere. Le palestre condominiali ad uso esclusivo della ristretta cerchia di residenti vengono affiancate da campi da basket per la comunità, rivisitando il marcato dualismo tra pubblico e privato. Le hall di ingresso non assumono più unicamente quel carattere di esclusività, terreno privilegiato per pochi eletti, ma diventano superfici di incontro, di scambio e di apprendimento. Fisicamente, il grattacielo non è più considerato come un'enclave autonomo, entro il quale si sviluppano dinamiche finalizzate ad interessi privati, ma entro comprensibili configurazioni progettuali (spaziali), diventa parte attiva di un processo di coinvolgimento con il contesto adiacente, sociale ed economico esso sia.

La destinazione d'uso dell'edificio è il riferimento rilevante per la sua interazione con l'ambiente. Questo grado di connessione sociale ed economica è direttamente correlato al contenuto rappresentato dall'edificio, cioè alla funzione svolta dall'edificio nell'edificio e al relativo grado di occupazione pubblica o privata che caratterizza l'edificio. Interazione che si traduce in rappresentazione se si parla di vertical city, modello abitativo con chiara vocazione di centralità urbana. Partendo da tale concezione originaria sulla quale si basa il modello di vertical city, anche

la città stessa nella storia dell'architettura si sviluppa attraverso edifici e modelli urbani ad uso misto. Oggi, con il fatto che questa diversità funzionale apporta maggiori benefici alla società, l'architettura ha sviluppato modelli di insediamento più misto piuttosto che monouso. L'integrazione di funzioni all'interno del medesimo edificio apporta migliorie sotto diversi punti di vista rispetto al manufatto monofunzionale:

- Maggiore varietà sociale e professionale;
- Espansione del Know-how interno;
- Maggiore attrattività economica/sociale;
- Maggiore densità abitativa;
- Maggiore senso di appartenenza ;
- Sviluppo della città più compatto.

Da tali benefici prende forma il modello di vertical city e si sviluppa attraverso la sua polifunzionalità, interagendo con il contesto circostante. La varietà funzionale deve però assumere una vocazione rivolta alla collettività mediante un'interazione tra pubblico e privato.

Un esempio è la "Città nella città" progettata dall'architetto olandese Rem Koolhaas vicino al porto di Rotterdam. Proprio perché rappresenta il più grande edificio multifunzionale (160.000 metri quadrati) dei Paesi Bassi, non può essere considerata una città verticale veramente moderna . Il complesso denominato "Rotterdam" è costituito da tre torri, che sono uffici, appartamenti (240 unità), hotel (280 camere), sale riunioni, ristoranti, negozi e palazzetti dello sport. Complessivamente il centro può ospitare circa 5.000 persone, ma il collegamento diretto tra loro è fisicamente limitato. Da un punto di vista architettonico, il centro è una vera traslazione verticale della città, che mostra le principali funzioni che troviamo nelle città contemporanee per settore. Quello che invece manca di fatto è lo spazio interno ad uso pubblico. Inoltre, la privatizzazione di molti settori, comprese tutte le residenze, gli hotel e gli uffici, implica un carattere privato che limita l'interazione tra i grattacieli e la città.

3.3.3. Grattacieli e torri a Milano

La storia dei grattacieli di Milano inizia nel 1923 in piazza Piemonte, quando vengono ultimati due eleganti edifici in stile déco di 38 metri ciascuno. Per costruirli si è dovuto ottenere una deroga al piano regolatore dell'epoca che invece imponeva un limite massimo di 28 metri. A causa della loro altezza, fuori standard per il contesto milanese del tempo, furono quindi generosamente definiti "grattacieli" dal loro stesso progettista Mario Borgato e dai milanesi che ancor oggi li chiamano "i grattacieli di piazza Piemonte". Tuttavia, ci vorranno circa dieci anni prima che un vero grattacielo possa essere costruito a Milano. Nel 1935 Emilio Lancia (Emilio Lancia) e Joe Ponti (Gio Ponti) completarono la Torre Rasini, alta 50 metri. Malgrado la crisi dovuta alle pesanti sanzioni economiche in risposta all'attacco dell'Italia contro l'Etiopia, sono anni di pieno fervore architettonico che fa partire una vera e propria gara verso l'alto con la costruzione di nuovi edifici a torre come Torre Snia Viscosa (1937). Progettata da

Alessandro Rimini, sarà di fatto il primo grattacielo milanese che possa aver diritto ad essere definito tale, almeno secondo quanto previsto dagli archetipi d'oltre oceano dell'epoca che attribuivano il termine "grattacielo" a edifici alti ma che al tempo stesso disponessero di una posizione centrale oltre che di caratteristiche polifunzionali e autoreferenziali. Altri due edifici alti oltre 50 metri rafforzavano lo skyline milanese dell'epoca: si tratta di Palazzo Montecatini (1938) di Gio Ponti, modello di architettura funzionale, e Palazzo Locatelli (1939) di Mario Bacciocchi, rispettivamente 57 e 67 metri. In seguito scoppio la Seconda guerra mondiale e ovviamente molte costruzioni si fermarono fino alla fine di esse, iniziando la ricostruzione grazie anche al boom economico.

Nasce l'idea di un centro direzionale attorno alla stazione centrale, dove concentrare le sedi delle principali aziende ed è infatti proprio qui che si svilupperanno alcuni dei nuovi grattacieli simbolo della città. Infatti, nel 1955, il grattacielo di Milano di Luigi Mattioni (ribattezzato Torre Breda) sarà il primo edificio a rompere il limite storico di 108,5 metri, perché nessun edificio può superare l'impatto sul rispetto della Madonnina del Duomo, deve sempre sovrastare la città. Nel 1960 fu la volta di Grattacielo Pirelli di Gio Ponti che, con i suoi 127 metri di altezza, sarà per ben mezzo secolo l'edificio più alto d'Italia. Sempre nell'area del centro direzionale di Milano troviamo la Torre Galfa di Melchiorre Bega (109 metri), la Torre UTC (Uffici Tecnici Comunali), attualmente in disuso in attesa di una gara per la sua riassegnazione. In questi anni fa la sua comparsa anche la controversa Torre Velasca di Ernesto Nathan Rogers, nata sulle macerie dei bombardamenti bellici a ridosso del centro storico e considerata una delle massime espressioni del Razionalismo Italiano (oggi vincolata dalla Soprintendenza per i Beni Culturali per il suo elevato valore storico-artistico). Torre Velasca per la sua particolare forma che richiama un torrione medievale diventerà presto uno dei simboli di Milano, utilizzata in diversi set cinematografici, amata e odiata da molti. Parallelamente ai grattacieli legati al terziario, la borghesia milanese, alla ricerca di modernità e un'immagine rinnovata, inizierà a stabilirsi in appartamenti a torre (le così dette "ville sovrapposte") come per la Torre Revere e Torre Monforte. Nel 1994, a fianco della Stazione Garibaldi, vengono completate le due Torri FS, entrambe alte 100 m. Nel 2010 sono state interessate da un massiccio rifacimento delle pareti esterne (recladding) completato nel 2012.

Con l'inizio del nuovo secolo, soprattutto nell'ultimo decennio, Milano ha subito una serie di riqualificazioni di aree dismesse o abbandonate, come anticipato nei capitoli precedenti. Tali rigenerazioni hanno portato Milano ad evolversi, recuperando il gap che si era creato con le metropoli europee. Nel 2009 inizia il progetto di riqualificazione dell'area Porta Nuova, portando ad una rivoluzione dello skyline milanese. Nuove e alte torri entrano a far parte del panorama cittadino. Il complesso progettato da César Pelli, ovvero la Torre UniCredit, è formato da tre torri disposte a cerchio, con altezza rispettivamente di 231, 100 e 50 metri. La Torre Solaria, dall'alto dei suoi 143 metri, è invece il più alto edificio residenziale d'Italia. Fanno parte del progetto anche il Bosco verticale e la Torre Diamante, il più alto edificio in acciaio in Italia. Contemporaneamente nel 2010 viene completato il palazzo Lombardia, alto 161 m per 39 piani. A partire dallo

stesso anno vi si trasferiscono la giunta della Regione e tutti gli uffici della Regione Lombardia dispersi in città. Un altro intervento molto importanti è stato quello della riqualificazione dell'ex area della fiera campionaria , dove oggi sorge il quartiere City Life. Qui sorgono tre grattacieli progettati per essere iconici nel loro insieme. Si tratta della Torre Allianz, della Torre Generali e della Torre Libeskind, rispettivamente di 209, 177 e 175 metri.

Di seguito viene riporta una tabella riassuntiva dei grattacieli milanesi. Gli edifici sono elencati secondo il criterio dell'altezza strutturale ovvero punto più alto della costruzione integrato nella struttura escluse antenne per le telecomunicazioni¹⁷.

#	NOME	ANNO	ALTEZZA (m)	N° PIANI	ARCHITETTO
1	Torre UniCredit	2011	231	31	César Pelli
2	Torre Allianz	2015	209	50	Arata Isozaki e Andrea Maffei
3	Torre Hadid	2017	177	44	Zaha Hadid
4	Torre Libeskind	2020	175	31	Daniel Libeskind
5	Palazzo Lombardia	2010	161	43	Pei Cobb Freed & Partners; Caputo Partnership; Sistema Duemila
6	Torre Solaria	2013	143	34	Bernardo Fort-Brescia
7	Torre Diamante	2012	140	30	Kohn Pedersen Fox
8	Grattacielo Pirelli	1960	127	32	Gio Ponti; Pier Luigi Nervi
9	Torre Gioia22	2021	123	25	Pelli Clarke Pelli; Gregg Jones
10	Torre Breda	1955	116	31	Eugenio Soncini e Ermenegildo Soncini, Luigi Mattioni
11	Bosco Verticale	2014	110	26	Boeri Studio: Stefano Boeri, Gianandrea Barreca, Giovanni La Varra
12	Torre Velasca	1958	106	26	L. Belgiojoso; E. Peressutti; E. N. Rogers; A. Danusso
13	Torre Galfa	1959	102	31	Melchiorre Bega
14	Torre Garibaldi A	1992	100	25	Laura Lazzari e Giancarlo Perrotta
15	Torre Garibaldi B	1992	100	25	Laura Lazzari e Giancarlo Perrotta

¹⁷ La guglia (spire) della Torre UniCredit è un elemento strutturale e non un'antenna. Sulla Torre Allianz è invece presente un'antenna per telecomunicazioni della RAI.

16	Torre UniCredit B	2012	100	23	César Pelli
----	-------------------	------	-----	----	-------------

Ad oggi vi sono numerosi grattacieli in fase di progettazione ed esecuzione, che andranno a modificare ulteriormente lo skyline di Milano, arricchendolo ancora di più. Di seguito si riporta un'ulteriore tabella riassuntiva dei futuri grattacieli.

#	NOME	ANNO	ALTEZZA (m)	N° PIANI	ARCHITETTO
1	Torre A2A	2022	145	-	Antonio Citterio & Patricia Viel
2	Torre UnipolSai	2021	125	23	Mario Cucinella Architects
3	Torre Botanica	2025	110	25	Diller Scofidio + Renfro & Stefano Boeri
4	The Portico	2023	110	18	Bjarke Ingels Group
5	Gioia20 Est 1	2022	104	23	Antonio Citterio & Patricia Viel
6	Gioia20 Ovest	2022	94	14	Antonio Citterio & Patricia Viel
7	Torre Milano	2022	86	25	Studio Beretta Associati
8	Gioia20 Est 2	2022	67	-	Antonio Citterio & Patricia Viel
9	Torre Gioia22	2021	123	25	Pelli Clarke Pelli: Gregg Jones

4. Progetto della Torre Scalo Romana: Vertical City

Consequente al Masterplan, forte di una proposta progettuale che ricuce il tessuto urbano delle due parti di città, si è elaborata la torre, oggetto principale del progetto. La posizione in cui essa sorge è nella parte nord-est dello scalo, adiacente a Piazzale Lodi e tangente alla radiale storica di Corso Lodi. La posizione scelta viene considerata sulla base di uno studio di flussi di persone, in quanto vi è la presenza dell'uscita della metropolitana M3 (fermata Lodi T.I.B.B.), la fine corsa delle linee filobus 90-91 e la vicinanza della fermata "Romana" del passante ferroviario S9. Quindi, fin dal principio, l'intento è quello di legare il nuovo edificio con l'ambiente circostante esistente.

Per dar maggior forza alla progetto, alla torre viene aggiunto un basamento, che ospiterà tutte funzioni aperte al pubblico, mentre la torre, con una forma più snella, ospiterà gli uffici e le residenze private, oltre agli ultimi tre piani dedicati al ristoro, dal quale si potrà godere dello skyline milanese. In questo modo sarà anche possibile sviluppare una nuova tipologia insediativa, ovvero la "città verticale".

L'obiettivo era quello di ricreare un forma che comunicasse col territorio limitrofo, ma che riprendesse anche la storia delle torri milanesi. La ricerca dei riferimenti progettuali non si è soffermata solo sul territorio milanese, ma anche oltre i confine regionali, nazionali ed extra-europei.

4.1. Riferimenti progettuali

I riferimenti progettuali sono stati eseguiti tramite delle schede di "casi studio". Esse sono strutturate cercando di dare le informazioni principali del progetto analizzato, come:

- Titolo intervento;
- Architetto/Ingegnere;
- Anno di costruzione e località;
- Stato di completamento e superficie;
- Funzioni principali;
- Parole chiave.

Oltre a queste informazione di base si sono approfonditi gli aspetti dei principali temi progettuali, la descrizione delle soluzione, immagine architettoniche e fotografie. I casi studio analizzati sono i seguenti:

- Commerzbank Tower – Foster + Partners;
- De Rotterdam – OMA;
- Grattacielo Pirelli – Gio Ponti, Pier Luigi Nervi;
- Intesa Sanpaolo Office Building – Renzo Piano Building Workshop;
- Leeza Soho – Zaha Hadid Architects;
- Linked Hybrid – Steven Holl Architects;
- Palazzo e Torre Rasini – Emilio Lancia, Gio Ponti;
- Shanghai Tower – Gensler;
- The Ford Foundation – Kevin Roche;
- The Shard – Renzo Piano Building Workshop;



Titolo intervento	Commerzbank Tower
Architetti/Ingegneri	Foster + Partners
Anno	1997
Località	Francoforte - Germania
Superficie	110 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uffici
Parole chiave	Giardino interno, luce naturale, uffici.

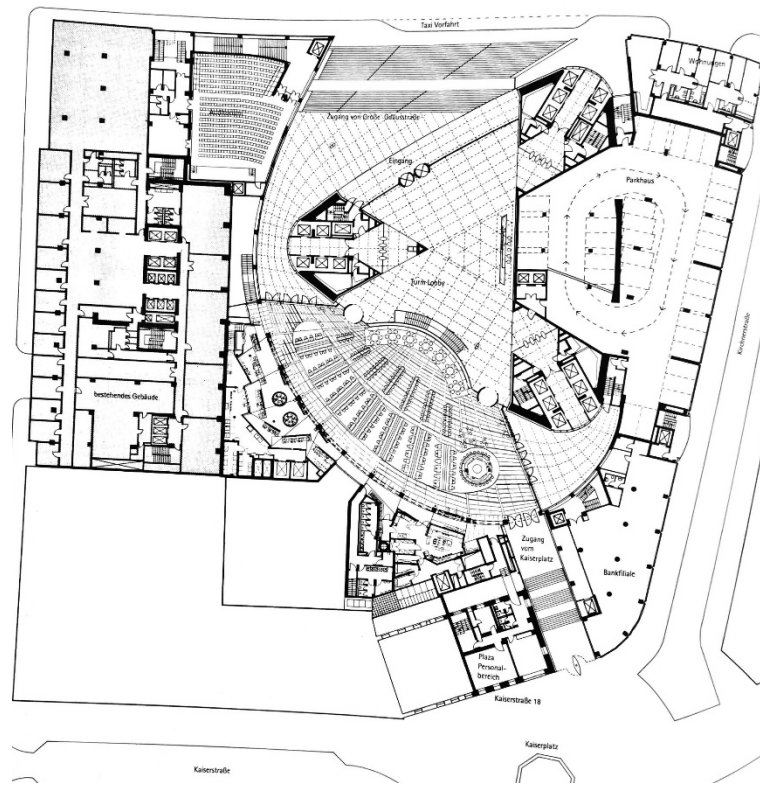
Principali temi progettuali

Il progetto esplora la natura dell'ambiente dell'ufficio, sviluppando nuove idee per la sua ecologia e modelli di lavoro. Fondamentale in questo concetto è la dipendenza da sistemi naturali di illuminazione e ventilazione. Ogni ufficio è illuminato dal giorno e ha finestre apribili, che consentono agli occupanti di controllare il proprio ambiente. Il risultato sono livelli di consumo di energia equivalenti alla metà di quelli delle torri per uffici convenzionali: gli uffici sono ora ventilati naturalmente per l'85% dell'anno. La torre ha una presenza distintiva sullo skyline di Francoforte, ma è anche ancorata al tessuto urbano della scala inferiore, attraverso il restauro e la delicata ricostruzione delle strutture perimetrali per rafforzare la scala originale del blocco. Questi edifici offrono negozi, parcheggio, appartamenti e una sala bancaria e aiutano a creare collegamenti tra la Commerzbank e la comunità più ampia. Al centro del programma c'è una galleria pubblica. Con i suoi ristoranti, caffè e spazi per eventi sociali e culturali, è diventata una via pedonale popolare.

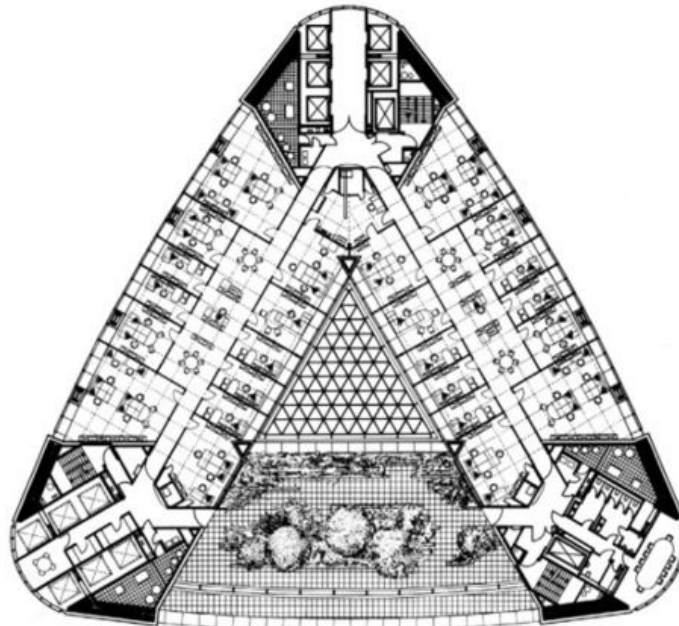
Descrizione delle soluzioni

La pianta dell'edificio è triangolare e comprende tre "petali" - i piani degli uffici - e uno "stelo" formato da un atrio centrale a tutta altezza. I giardini d'inverno si sviluppano attorno all'atrio per diventare il centro visivo e sociale per i cluster di uffici a quattro piani. Dall'esterno questi giardini nel cielo danno all'edificio un senso di trasparenza e leggerezza. Socialmente, formano punti focali per gruppi di uffici simili a villaggi, fornendo posti per incontrare colleghi o rilassarsi durante le pause. Dal punto di vista ambientale, introducono luce e aria fresca nell'atrio centrale, che funge da camino di ventilazione naturale per gli uffici rivolti verso l'interno. A seconda dell'orientamento di ciascun giardino, la piantagione proviene da una delle tre regioni: Nord America, Asia o Mediterraneo.

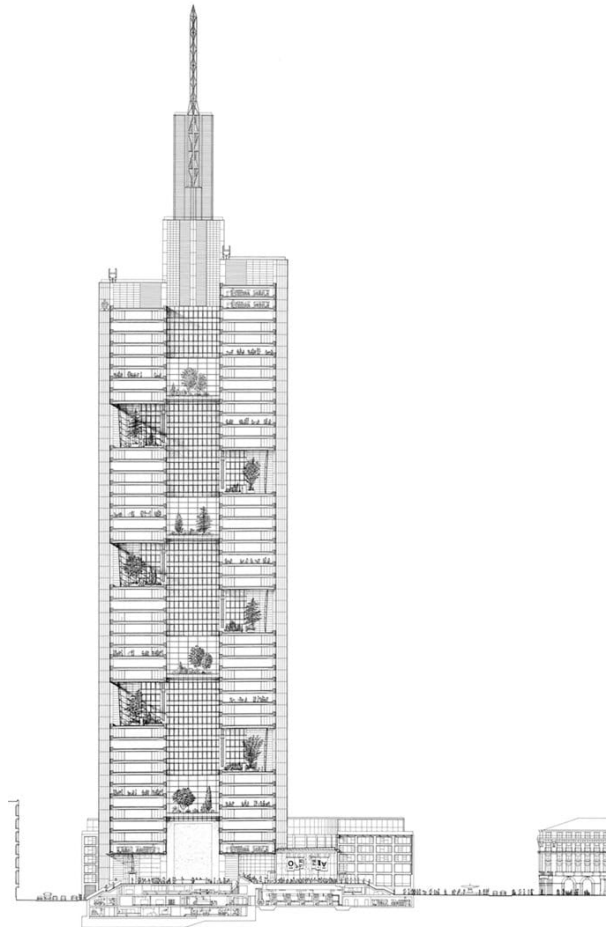
Immagini
architettoniche



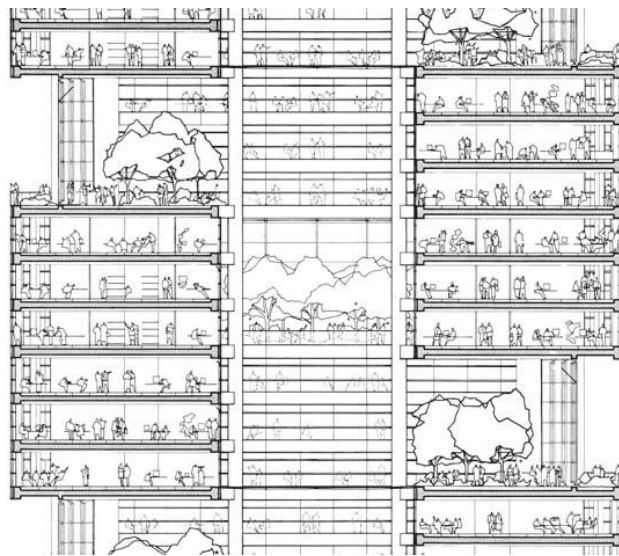
Pianta piano terra



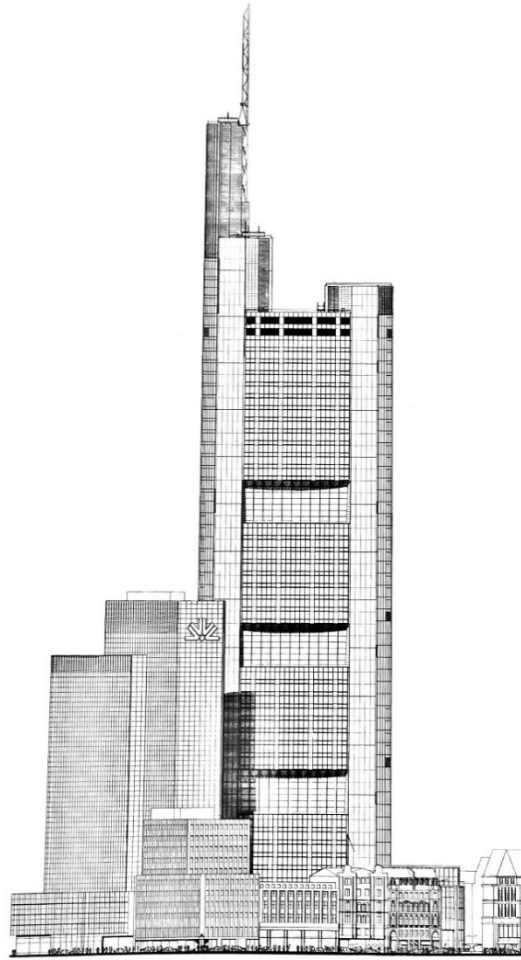
Pianta tipo piano uffici



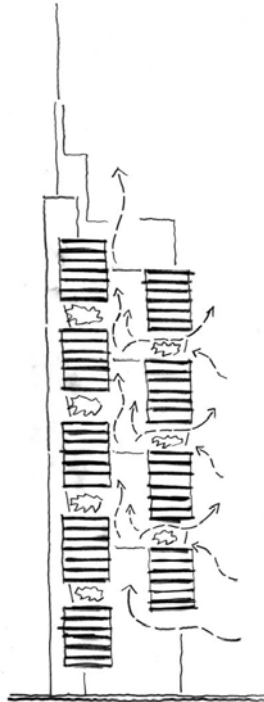
Sezione



Sezione dettagliata attraverso la torre



Prospetto



Schizzo di sezione tecnologica

Immagini





Titolo intervento	De Rotterdam
Architetti/Ingegneri	OMA
Anno	2013
Località	Rotterdam - Olanda
Superficie	162 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uso misto
Parole chiave	Città verticale, blocchi.

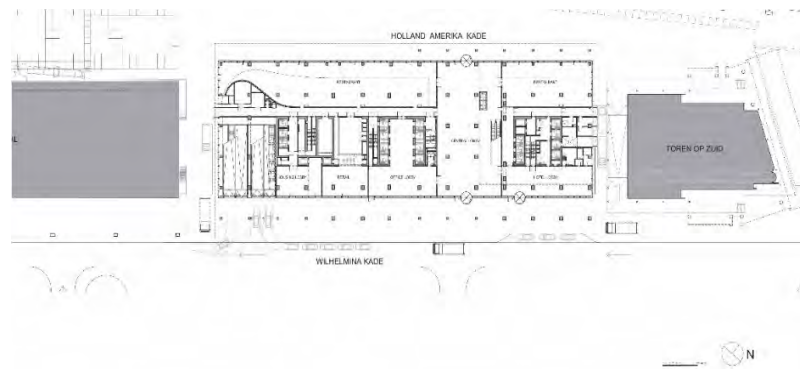
Principali temi progettuali

OMA ha progettato il gigantesco complesso di De Rotterdam per la sua città natale, dove l'edificio si trova sulla riva sud del fiume Maas. Le torri di vetro interconnesse di 44 piani si estendono per una larghezza di oltre cento metri e rimangono all'incirca la stessa superficie per l'intera altezza di 150 metri dell'edificio. I blocchi sovrapposti formano le tre torri che condividono tutte un basamento, in cui si trovano lobby e spazi pubblici. Questi blocchi contengono spazi separati per uffici, appartamenti residenziali, strutture per hotel e conferenze, ristoranti e caffè. Lavoratori e residenti condividono le strutture per conferenze, sport e ristoranti.

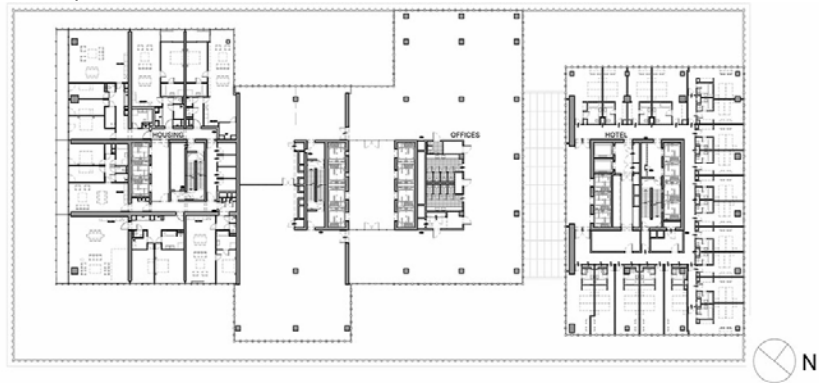
Descrizione delle soluzioni

Le tre torri accatastate e comunicanti di De Rotterdam si innalzano per 44 piani ad un'altezza di 150 metri e si estendono per una larghezza di oltre 100 metri. Tuttavia, l'edificio è eccezionalmente compatto, con un mix di programmi organizzati in blocchi distinti ma sovrapposti di spazi per uffici commerciali, appartamenti residenziali, strutture per hotel e conferenze, ristoranti e caffè. Impiegati, residenti e ospiti dell'hotel sono riuniti in strutture per conferenze, sport e ristoranti. Il basamento condiviso dell'edificio è la posizione delle lobby di ciascuna delle torri, creando un hub pubblico pedonale per mezzo di una sala comune. Nonostante le sue dimensioni e l'apparente solidità, i blocchi spostati dell'edificio creano un aspetto in costante cambiamento, diverso da ogni parte della città. Il fatto che si presenti oggi rappresenta un piccolo trionfo di perseveranza per la città, lo sviluppatore, l'appaltatore e gli architetti.

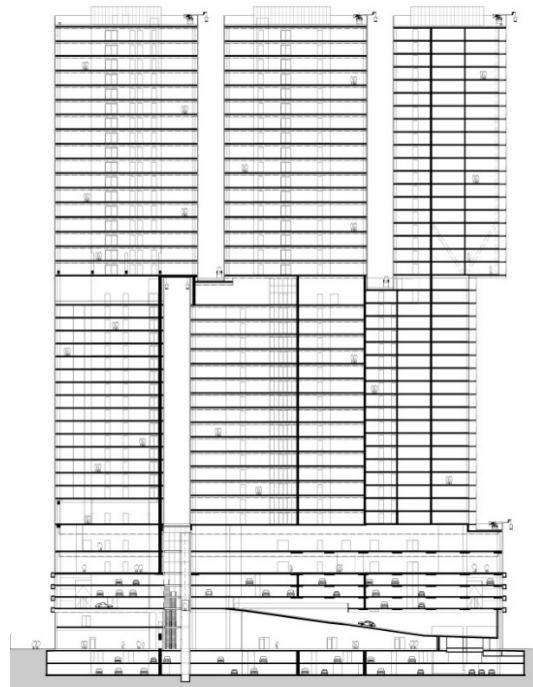
Immagini
architettoniche



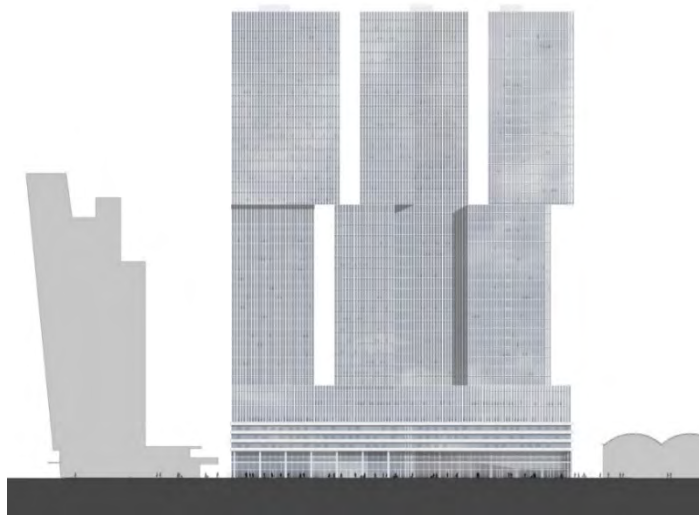
Pianta piano terra



Piano tipo inferiore

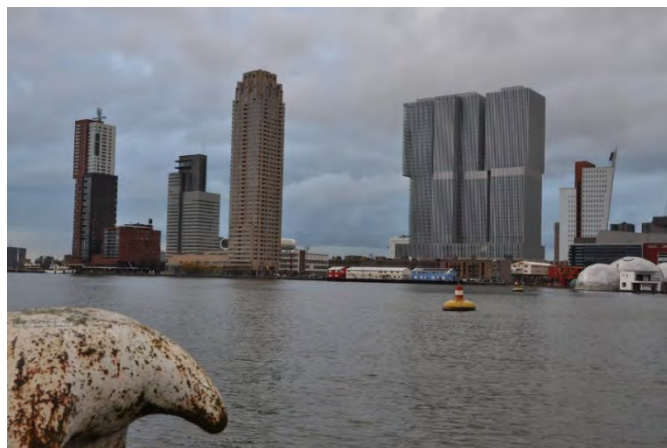


Sezione



Prospetto Nord

Immagini



Vista esterna



Divisione funzionale isometrica



Titolo intervento	Grattacielo Pirelli
Architetti/Ingegneri	Gio Ponti, Pier Luigi Nervi
Anno	1958
Località	Milano - Italia
Superficie	24 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uffici
Parole chiave	Densità, luce naturale, uffici.

Principali temi progettuali

Main design topics

In contrasto con i suoi tradizionali dintorni milanesi, la Torre Pirelli è uno dei primi esempi di grattacieli moderni in Italia. Affettuosamente chiamata "Il Pirellone", la torre di 127 metri era l'edificio più alto d'Italia dal 1958 al 1995. Il progetto della struttura, guidato dall'architetto/designer Gio Ponti e dall'ingegnere Pier Luigi Nervi, presentava un piano affusolato, al contrario del volume rettilineo convenzionale che era prevalente in America, incoraggiando una maggiore libertà creativa in un periodo in cui i grattacieli in genere mancavano di sperimentazione. Il nuovo grattacielo si sarebbe seduto nella posizione di una ex fabbrica Pirelli che fu bombardata nel 1943. Ponti riunì un team che comprendeva ingegneri influenti Pier Luigi Nervi e Arturo Danusso, le cui competenze contribuirono alle numerose innovazioni architettoniche e ingegneristiche del progetto.

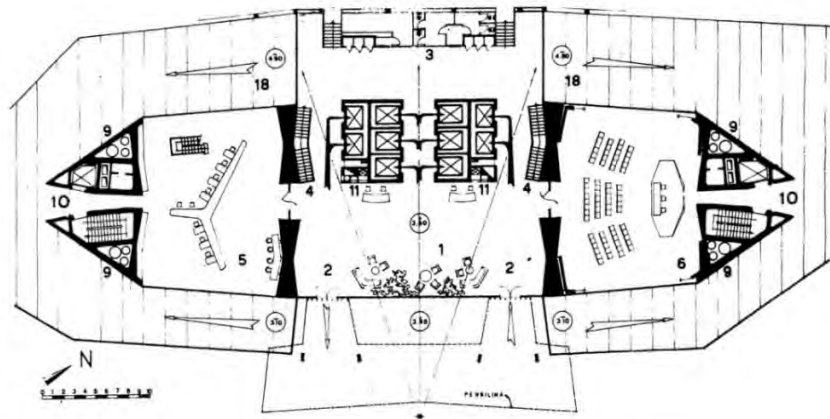
Descrizione delle soluzioni

Solutions' description

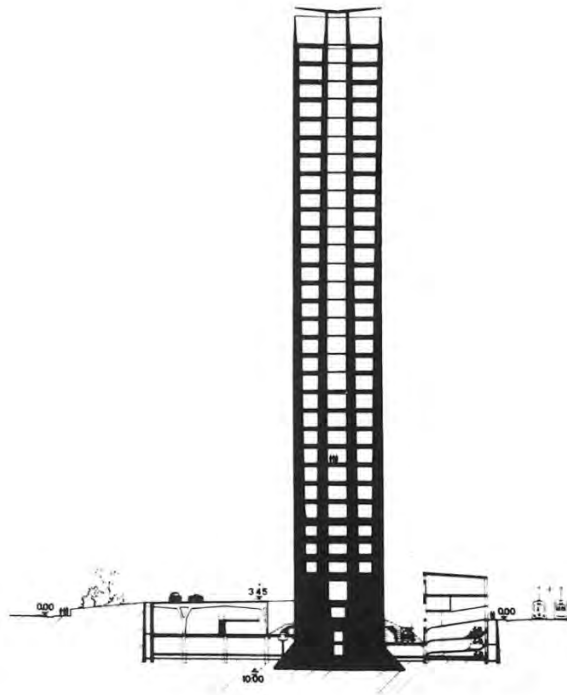
La sottile struttura di 33 piani di Ponti sembra sollevarsi da terra come un missile, sovrastando il suo contesto basso. Posizionata centralmente sul sito del progetto, la torre viene allontanata dalle strade. Riteneva che ciò fosse vantaggioso dal punto di vista dell'urbanistica: un edificio ad alta densità con un ingombro ridotto offriva spazio aggiuntivo per il traffico e i parcheggi, offrendo al contempo maggiore ventilazione, luce naturale e spazio per le strade circostanti. La torre comprendeva due livelli sotto il livello che contenevano un parcheggio per 800 auto, un auditorium da 600 posti, una caffetteria per il personale e spazi per conferenze. I piani sopra ospitarono spazi per uffici aperti con pareti mobili per la massima adattabilità; un'applicazione innovativa per la tipologia di edificio per uffici al momento. Con circolazione e servizi in posizione centrale, la pianta e il corridoio principale si assottigliano leggermente verso le estremità estreme della torre; una risposta efficiente al flusso decrescente di utenti che conferisce alla costruzione un profilo snello. I bordi stretti della struttura sono vetrati tra le lastre del pavimento, mentre gli spazi triangolari su ciascun lato del corridoio ospitano condotti meccanici e circolazione di emergenza. Fortunatamente per Ponti, Nervi era un esperto di cemento armato e

possedeva le conoscenze tecniche per progettare una struttura con una base così stretta. La torre, che è stata la prima al mondo a utilizzare una cornice lunga 25 metri, presentava pilastri di cemento che diventano gradualmente più sottili man mano che si avvicinano alla cima. Questa risposta economica ed efficiente al carico strutturale ha contribuito a massimizzare lo spazio utilizzabile. Notevole anche la facciata in termovetro della torre. Montanti in alluminio anodizzato situati all'esterno delle lastre tengono uniti i vetri per creare una facciata continua senza giunzioni. Un tetto sottile, sostenuto da una struttura secondaria, sembra librarsi sopra l'edificio.

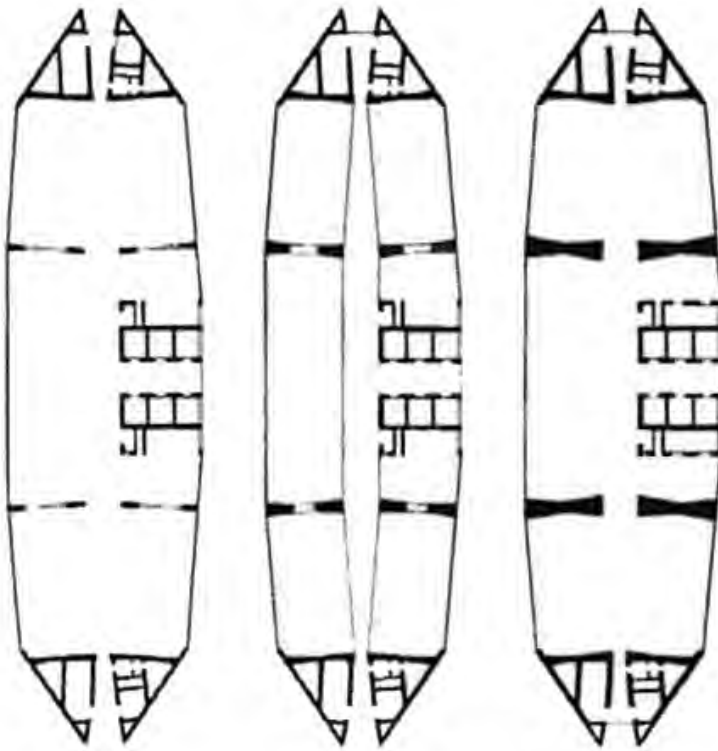
Immagini
architettoniche



Pianta piano terra



Sezione



Piano superiore, centrale e inferiore

Immagini







Titolo intervento	Intesa Sanpaolo Office Building
Architetti/Ingegneri	Renzo Piano Building Workshop
Anno	2015
Località	Torino - Italia
Superficie	60 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Ufficio e spazi pubblici
Parole chiave	Giardino interno, luce naturale, terrazze, uffici.

Principali temi progettuali

Il progetto per la nuova sede centrale di Intesa Sanpaolo è sia un laboratorio ambientale e sociale sia un progetto urbano, con un'urbanità discreta che lo unisce agli abitanti della città. L'edificio è situato ai margini del centro storico della città, vicino alla stazione di Porta Susa, all'incrocio N / E di Corso Inghilterra con Corso Vittorio Emanuele II, ed è al centro di un'eccezionale concentrazione di servizi pubblici e strutture sulla scala metropolitana in una zona di importanza strategica per la città. Il giardino adiacente, Giardino Nicola Grosa, è stato aggiornato e trasformato in uno spazio giocoso, con alberi di diverse altezze, prati e funzioni di quartiere. L'accesso al giardino da Corso Inghilterra è garantito da una galleria pubblica che attraversa l'atrio al piano terra. Come le montagne innevate che fanno da sfondo alla città di Torino, la torre è ricoperta da materiali bianchi luminosi (vetro, alluminio laccato, vetro opalescente) che la rendono quasi immateriale e "luminescente", come il ghiaccio, formando sottili variazioni fotosensibili e sfaccettature che cambiano a seconda dell'ora del giorno e della stagione.

Descrizione delle soluzioni

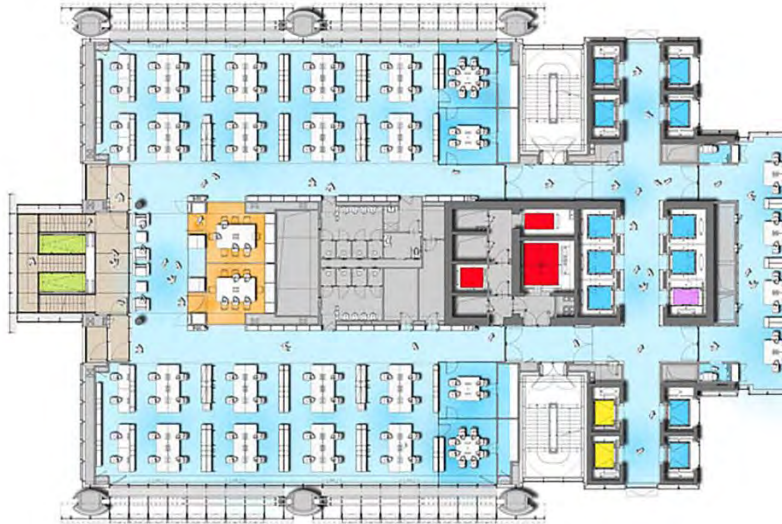
La torre, alta 166 metri, è suddivisa per infrastruttura in 3 livelli di parcheggi, uno di locali tecnici e un giardino basso attorno al quale sono disposti il ristorante e la scuola materna dell'azienda, mentre fuori terra è composto da 26 piani di uffici e un piano di formazione che comprende spazi e servizi aperto al pubblico. Due volumi rivelano la vocazione pubblica della torre. La parte inferiore è la sala conferenze multiuso e flessibile. Può essere trasformato in una sala espositiva, con concerti o spettacoli a seconda delle esigenze grazie al soppalco mobile e all'acustica variabile. Può ospitare 364 persone. Più in alto, la serra bioclimatica, ventilata naturalmente, accoglie il pubblico su tre livelli: il ristorante con giardino, la sala espositiva e la terrazza sul tetto. A est e ovest la colonna vertebrale dell'edificio è costituita da ascensori e scale, contribuendo all'effetto vitale e vario del design. A sud la scala che collega i piani incorpora un giardino invernale verticale dove i rampicanti filtrano la luce dietro le facciate motorizzate. L'edificio è il risultato di ricerche avanzate intese a sfruttare le fonti naturali circostanti di energia (acqua, aria, luce solare) e limitare il consumo globale. Le acque sotterranee vengono utilizzate per il raffreddamento degli uffici. L'energia solare viene catturata dai pannelli fotovoltaici che coprono l'intera facciata

sud della torre. L'altezza del soffitto degli uffici è di 3,20 metri e hanno un'illuminazione indiretta ottimizzata. Particolare attenzione è stata prestata alle condizioni di lavoro dei dipendenti in termini di qualità dello spazio, illuminazione e comfort termico. La facciata in vetro a doppia pelle consente di limitare la perdita di calore in inverno ed è controllata in relazione all'apporto di calore attraverso un sistema di aperture e schermi solari con feritoie motorizzate, che controllano l'irradiazione e l'illuminazione nelle aree di lavoro.

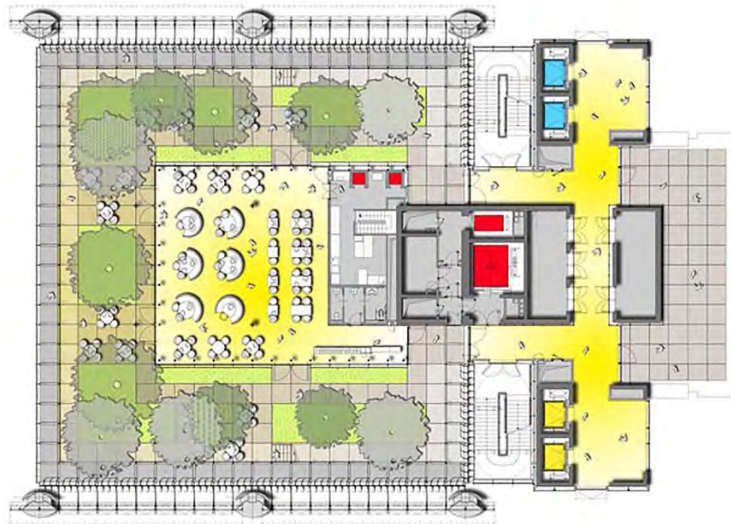
Immagini
architettoniche



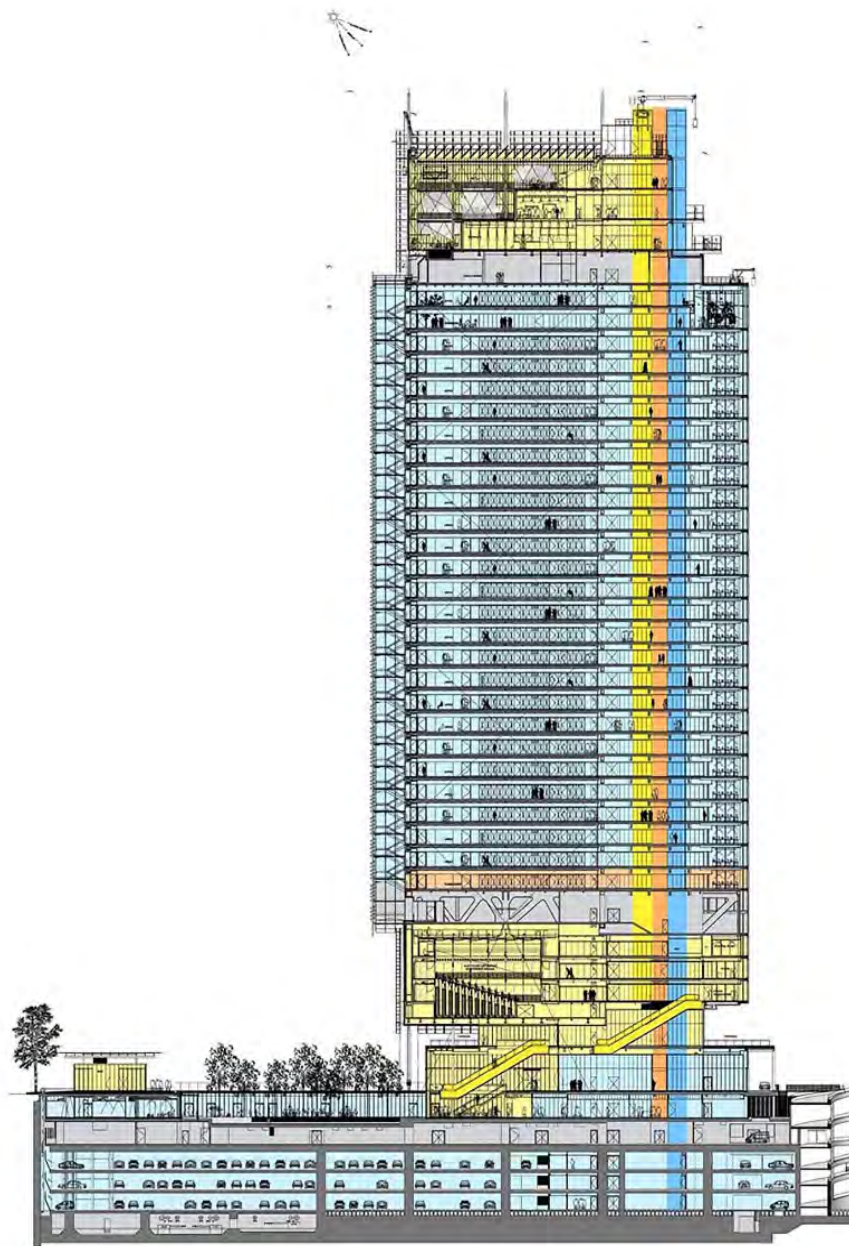
Pianta piano terra



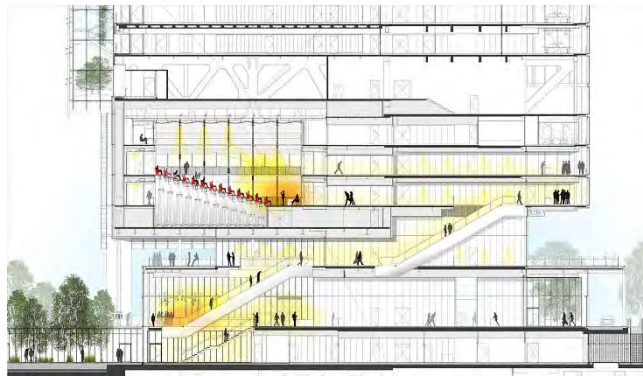
Pianta piano tipo



Pianta piano 35 – Ristorante



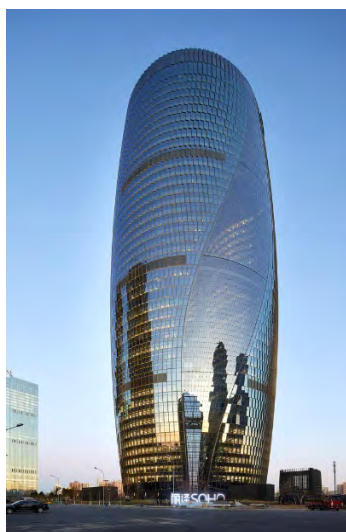
Sezione / Section



Sezione longitudinale

Immagini





Titolo intervento	Leeza Soho
Architetti/Ingegneri	Zaha Hadid Architects
Anno	2019
Località	Pechino - Cina
Superficie	172 800 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uffici
Parole chiave	Atrio, luce naturale, uffici.

Principali temi progettuali

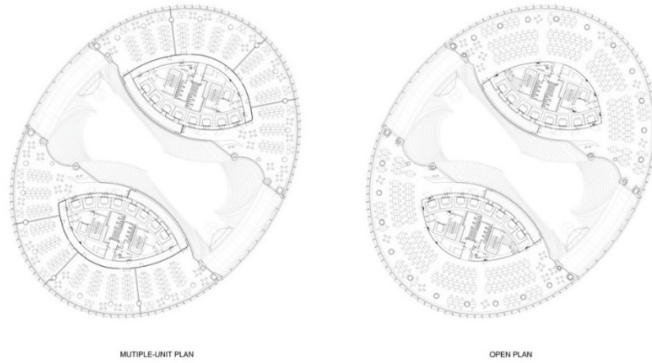
Situata sulla Lize Road nel sud-ovest di Pechino , la torre SOHO di Leeza si trova nel nuovo quartiere degli affari di Fengtai, un centro finanziario e di trasporto in crescita tra il centro città e l' aeroporto internazionale Daxing di Pechino, aperto di recente , a sud. Il nuovo quartiere degli affari è parte integrante del piano urbano multimodale di Pechino per favorire la crescita senza influire sulle reti di infrastrutture esistenti nel centro della città. Questa torre di 172.800 m² di 45 piani risponde alla domanda delle piccole e medie imprese di Pechino di spazi per uffici di grado A flessibili ed efficienti.

Descrizione delle soluzioni

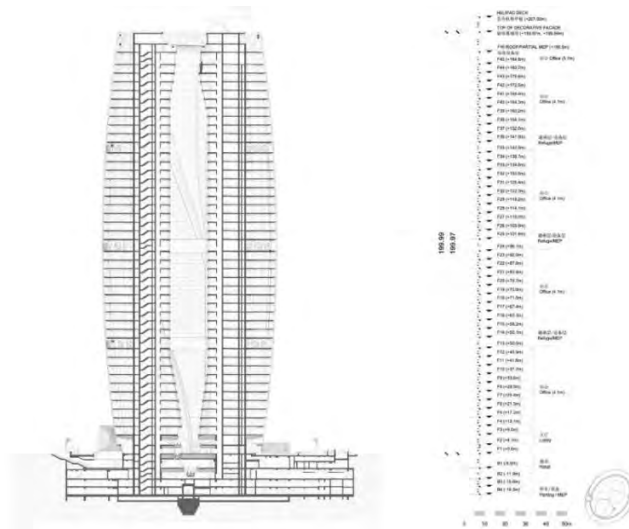
Adiacente alla stazione ferroviaria del quartiere degli affari all'incrocio di cinque nuove linee attualmente in costruzione sulla rete metropolitana di Pechino , il sito di Leeza SOHO è sezionato in diagonale da un tunnel sotterraneo di servizio della metropolitana. A cavallo di questo tunnel, il design della torre divide il suo volume in due metà racchiuse da un unico guscio di facciata. Lo spazio emergente tra queste due metà si estende per l'intera altezza della torre, creando l'atrio più alto del mondo a 194,15 m che ruota attraverso l'edificio mentre la torre si alza per riallineare i piani superiori con la strada Lize a nord. Questa rotazione dell'atrio intreccia le due metà di Leeza SOHO in un dinamico "pas de deux" con il collegamento di ponti celesti ai livelli 13, 24, 35 e 45; la sua facciata vetrata offre viste panoramiche sulla città. L'atrio di Leeza SOHO funge da piazza pubblica per il nuovo quartiere degli affari, collegando tutti gli spazi all'interno della torre e offrendo viste diverse a causa della sua forma contorta e scultorea; creando un nuovo fantastico spazio civico per Pechino direttamente collegato alla rete di trasporti della città. L'atrio porta la luce naturale in profondità all'interno dell'edificio, fungendo da camino termico con un sistema di ventilazione integrato che mantiene una pressione positiva a basso livello per limitare l'ingresso di aria e fornisce un efficace processo di filtrazione dell'aria pulita all'interno dell'ambiente interno della torre. Il sistema di pareti divisorie in vetro a doppio isolamento unificato di Leeza SOHO fa avanzare le unità di vetro su ogni piano inclinandole, fornendo registri di ventilazione stretti per aspirare l'aria esterna attraverso cavità

operabili dove richiesto; creando un controllo ambientale estremamente efficiente per ogni piano. Le due metà della torre ombreggiano gli spazi pubblici dell'atrio, mentre i vetri a doppio isolamento a doppio isolamento mantengono un ambiente interno confortevole nelle condizioni meteorologiche estreme di Pechino .

Immagini
architettoniche

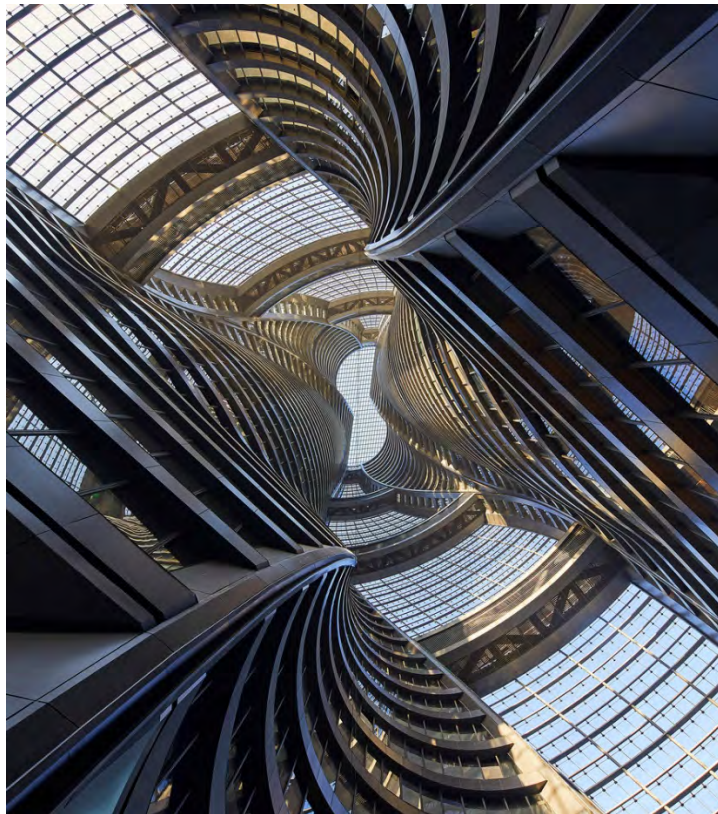


Pianta piani uffici



Sezione

Immagini





Titolo intervento	Linked Hybrid
Architetti/Ingegneri	Steven Holl Architects
Anno	2009
Località	Pechino – Cina
Superficie	220 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uso misto
Parole chiave	Spazio urbano tridimensionale, micro-urbanismo

Principali temi progettuali

Il complesso ibrido collegato pedonale di 220.000 metri quadrati, situato adiacente al sito delle mura della città vecchia di Pechino, mira a contrastare gli attuali sviluppi urbani in Cina creando un nuovo spazio urbano poroso del XXI secolo, invitante e aperto al pubblico da ogni parte. Il progetto promuove le relazioni interattive e incoraggia gli incontri negli spazi pubblici che variano da quelli commerciali, residenziali, educativi e ricreativi. L'intero complesso è uno spazio urbano tridimensionale in cui gli edifici sul terreno, sotto il suolo e sopra il suolo sono fusi insieme.

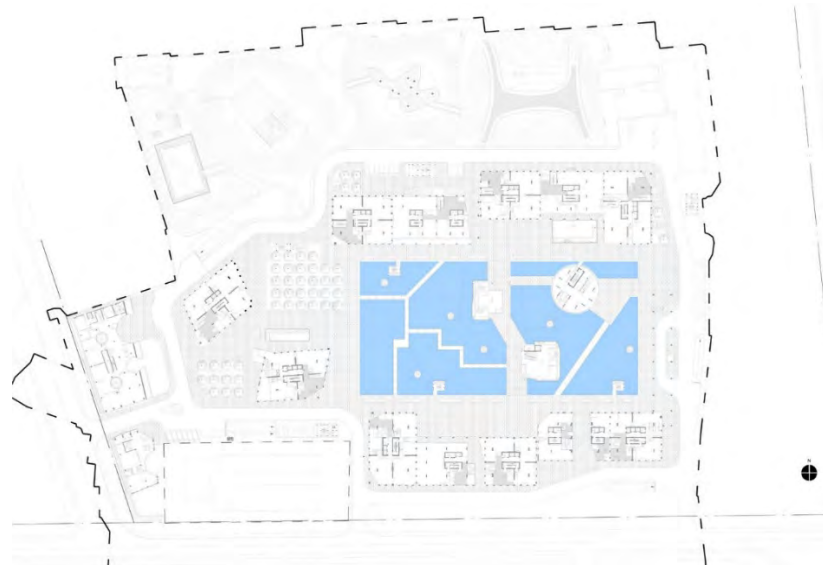
Descrizione delle soluzioni

Il piano terra offre una serie di passaggi aperti a cui tutte le persone (residenti e visitatori) possono attraversare. Questi passaggi assicurano un micro-urbanismo di piccola scala. Al livello intermedio degli edifici inferiori, i giardini pubblici sui tetti offrono tranquilli spazi verdi, e in cima alle otto torri residenziali i giardini pensili privati sono collegati agli attici. Tutte le funzioni pubbliche a livello del suolo, tra cui un ristorante, un hotel, una scuola Montessori, una scuola materna e un cinema, hanno collegamenti con gli spazi verdi che circondano e penetrano nel progetto. L'ascensore si sposta come un "salto" verso un'altra serie di passaggi ai livelli più alti. Dal 12° al 18° piano una serie multifunzionale di sky-bridge con piscina, sala fitness, caffetteria, una galleria, un auditorium e un mini salone collegano le otto torri residenziali e la torre dell'hotel e offrono una vista spettacolare sulla città che si sta svolgendo.

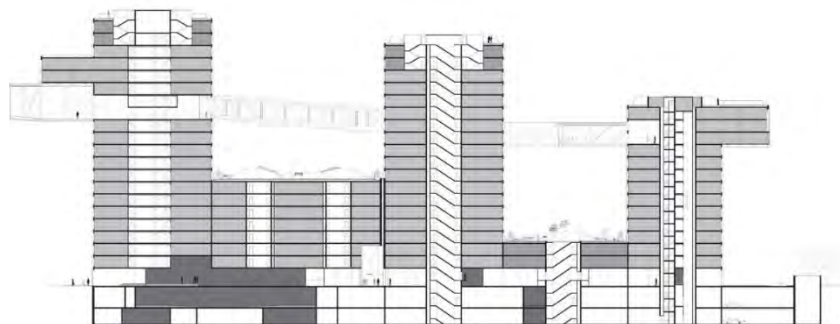
Immagini
architettoniche



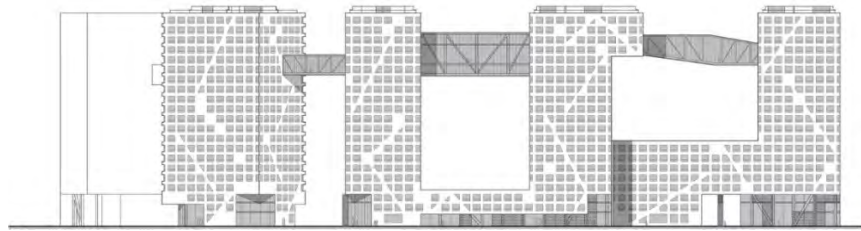
Planimetria



Pianta piano terra



Sezione



Prospetto

Immagini





Titolo intervento	Palazzo e Torre Rasini
Architetti/Ingegneri	Emilio Lancia, Gio Ponti
Anno	1935
Località	Milano - Italia
Superficie	--- m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Residenze
Parole chiave	Torre, villa.

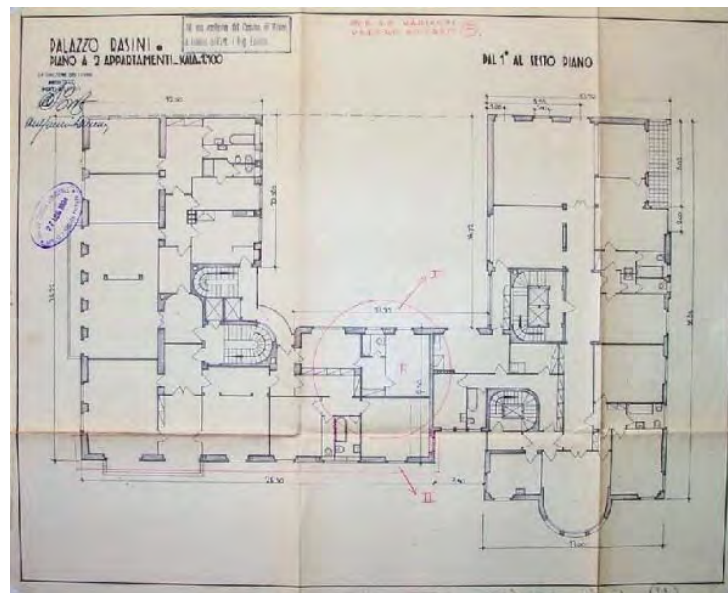
Principali temi progettuali

Il Palazzo e la Torre Rasini sono due edifici di Milano, adibiti ad appartamenti di lusso. Posti all'angolo fra corso Venezia e i Bastioni di Porta Venezia, costituiscono le due parti di un unico progetto edilizio. Il complesso, o "gruppo di case" come Ponti stesso lo definiva, sito su un'area di prestigio precedentemente occupata da un palazzo neoclassico di proprietà dei fratelli Giovanni e Mario Rasini e resa disponibile dopo l'abbattimento dei Bastioni, fu edificato su committenza dei Rasini stessi dal 1932 al 1935 su progetto di Emilio Lancia e Gio Ponti che, successivamente alla sua costruzione, misero fine al sodalizio professionale che li legava dal 1927. Il complesso si situa in un luogo di grande importanza urbanistica, fra il tracciato dei Bastioni e l'ampio spazio dei Giardini pubblici, direttamente di fronte ai caselli di porta Venezia. Esso segnala il limite del centro storico, e segna il termine di corso Venezia e l'inizio di corso Buenos Aires.

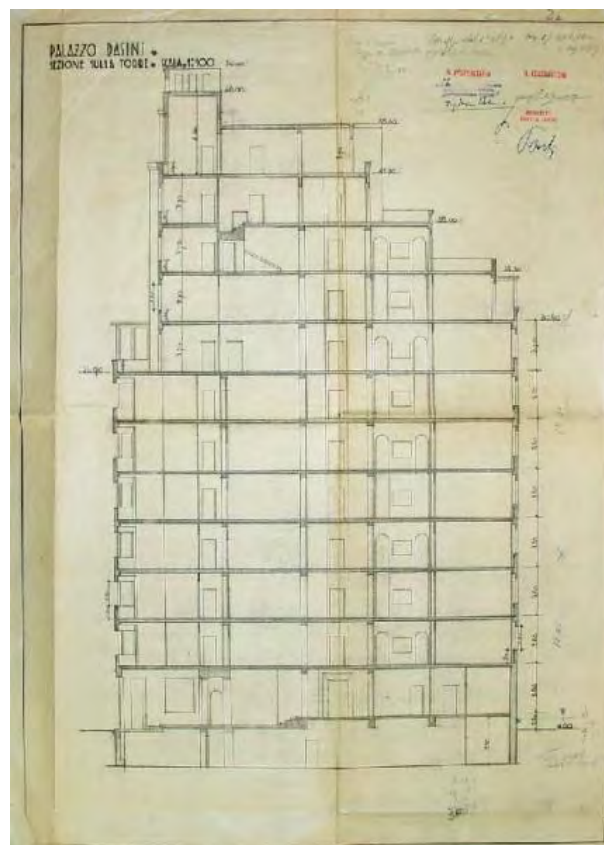
Descrizione delle soluzioni

Si compone di due edifici: il Palazzo Rasini, all'angolo fra i Bastioni e corso Venezia, con l'ingresso su quest'ultimo, che conta 6 piani; la Torre, immediatamente ad ovest, che conta 12 piani, per complessivi 50 metri d'altezza. I due edifici sono distinti anche dal rivestimento delle facciate, il palazzo in marmo bianco, la torre in mattoni a vista, variamente disposti a formare un disegno a fasce. Dal Palazzo, di forma compatta e lineare, e caratterizzato da una compostezza classica, si differenzia la Torre, con forme più dinamiche, dal bow-window posto in facciata alle terrazze del retro digradanti verso il giardino, fino all'altana superiore. Questa marcata differenziazione può essere considerata come preludio della separazione professionale dei due architetti; «c'è forse più Lancia nella "torre" (fuorché nelle terrazze a gradoni degli ultimi piani, tipica soluzione *pontiana*) e più Ponti nella cubica "villa"».

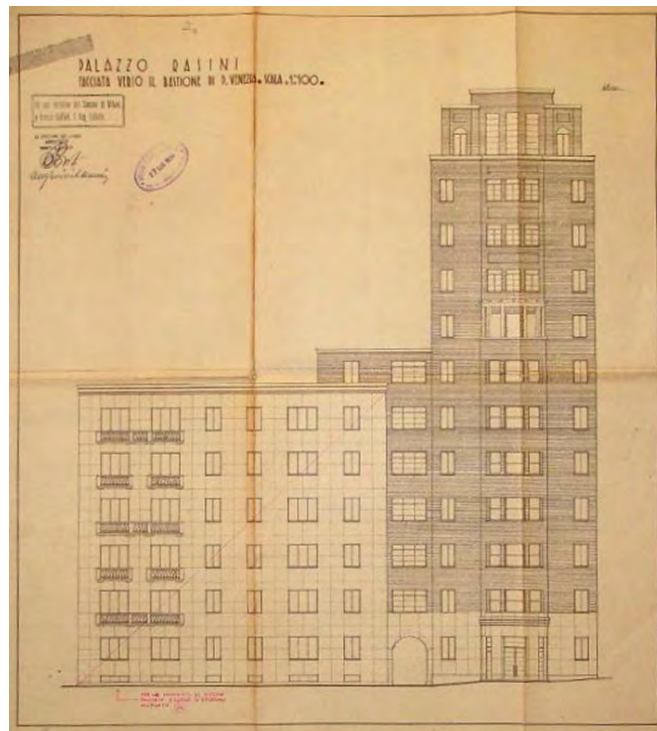
Immagini
architettoniche



Pianta piano tipo residenze



Sezione



Prospetto nord-est



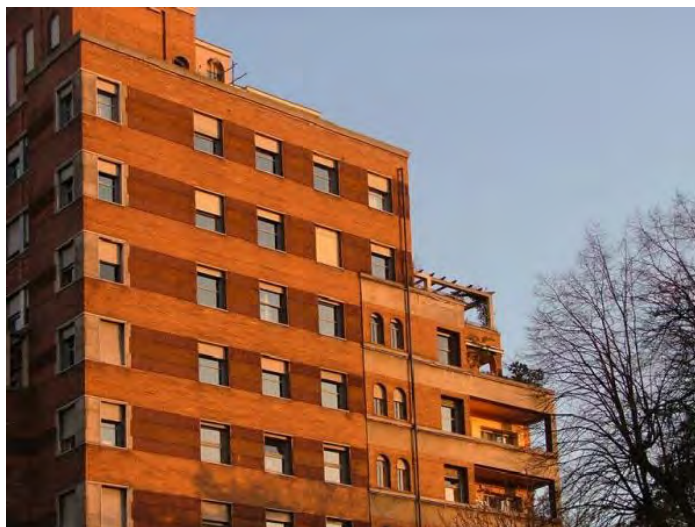
Prospetto nord-ovest



Prospetto sud-est

Immagini







Titolo intervento	Shanghai Tower
Architetti/Ingegneri	Gensler
Anno	2014
Località	Shanghai - Cina
Superficie	380 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uso misto
Parole chiave	Luce naturale, città verticale.

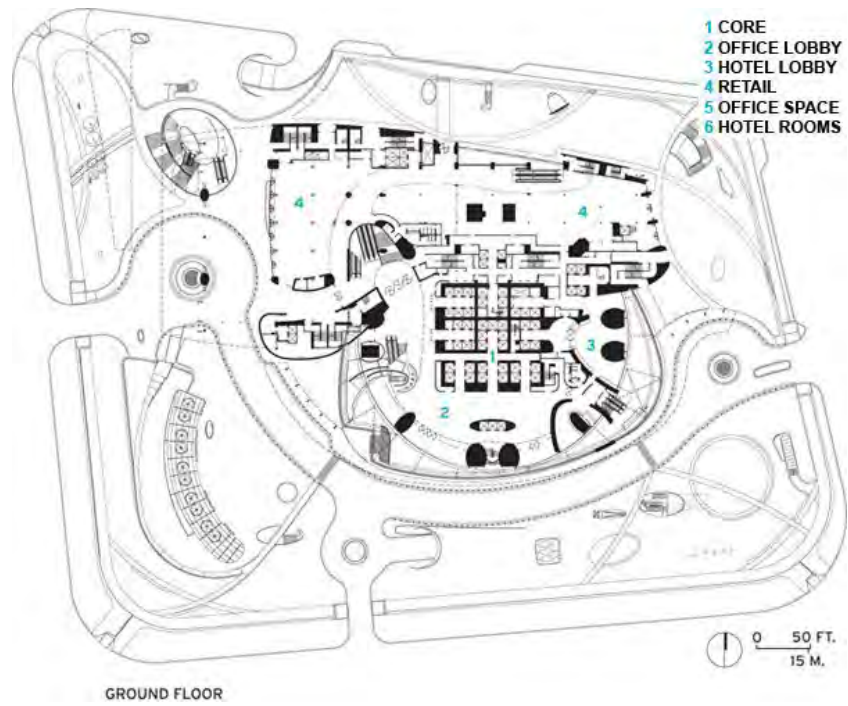
**Principali
temi
progettuali**

La Shanghai Tower è progettata per abbracciare e stimolare la vita della città. Tuttavia, invece di parchi sparsi orizzontalmente in tutta la città, la torre offre spazi di raccolta accatastati verticalmente. Questi sono gli innovativi giardini del cielo che distinguono l'edificio da qualsiasi grattacielo mai costruito. Enfatizzando lo spazio pubblico e individuando negozi, ristoranti e servizi urbani ai livelli dell'atrio, la Shanghai Tower offre una nuova esperienza per vivere e lavorare in torri altissime. Perché questa forma? Il team di progettazione di Gensler ha anticipato che tre strategie chiave - la forma asimmetrica della torre, il suo profilo affusolato e gli angoli arrotondati - avrebbero permesso all'edificio di resistere ai venti di forza del tifone che sono comuni a Shanghai. Utilizzando i test della galleria del vento condotti in un laboratorio canadese, Gensler e l'ingegnere strutturale Thornton Tomasetti hanno perfezionato la forma della torre, riducendo i carichi del vento dell'edificio del 24 per cento. Il risultato è una struttura più leggera che ha permesso di risparmiare \$ 58 milioni in materiali costosi.

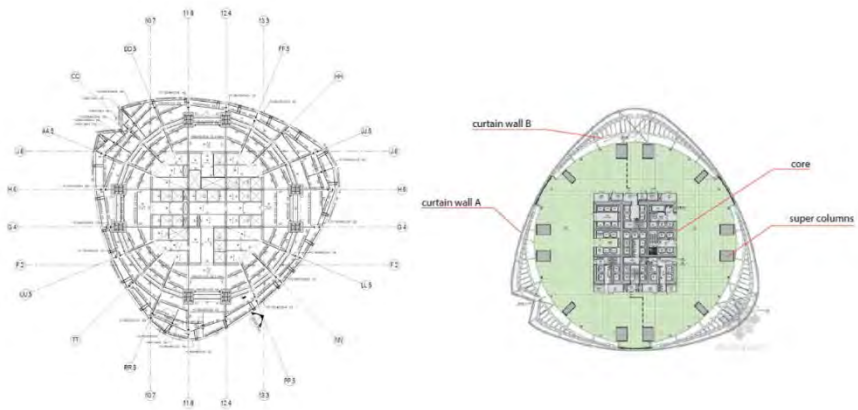
**Descrizione
delle
soluzioni**

L'edificio è composto da nove segmenti, ciascuno alto da dodici a quindici piani, che sono impilati l'uno sull'altro. Al piano inferiore di ogni segmento ci sono atri che contengono giardini, caffè, ristoranti e spazi commerciali, tutti racchiusi dietro la facciata esterna contorta. L'ispirazione per il design è venuta dai cortili tradizionali su piccola scala che si trovano a Shanghai, tuttavia in questo caso le comunità non vivrebbero fianco a fianco, ma uno sopra l'altro. Dal punto di vista ambientale, la facciata esterna che avvolge la struttura interna e i cortili è di grande beneficio creando una coperta d'aria tra sé e l'edificio interno, agendo da isolante, riducendo i consumi energetici e i costi. La rotazione della facciata in vetro, combinata con l'incavo che corre all'altezza della torre, ha l'effetto di rallentare le correnti di vento che possono accumularsi intorno all'edificio, riducendo così i carichi strutturali. La torre si trova su una zattera di cemento esagonale sulla cima di 947 pali, di 1 metro di diametro, che si interrano nella sabbia morbida. Sotto le colonne e il nucleo portante la formazione dei pali è sfalsata, ma in aree che richiedono meno stress sono disposti in modo simile a una griglia. Sotto il nucleo della costruzione i pali si estendono un po' più lontano come questa zona sopporta il peso della costruzione.

Immagini
architettoniche



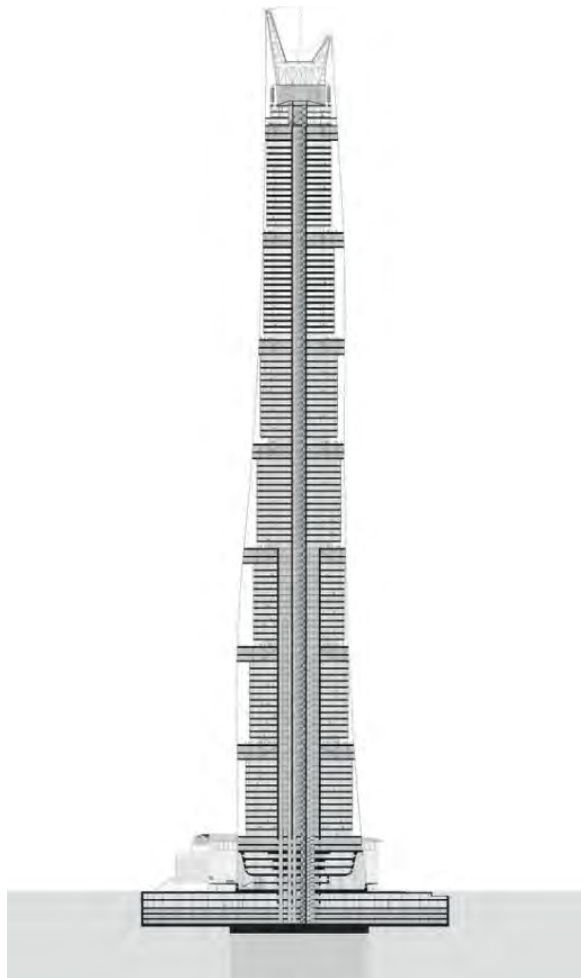
Pianta piano terra



Pianta di costruzione



Sezione render



Sezione / Section

Immagini







Titolo intervento	The Ford Foundation
Architetti/Ingegneri	Kevin Roche, John Dinkeloo, and Associates
Anno	1968 (rinnovato 2018 da Gensler)
Località	New York City - USA
Superficie	26 710 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uffici
Parole chiave	Giardino interno, luce naturale, terrazze, uffici.

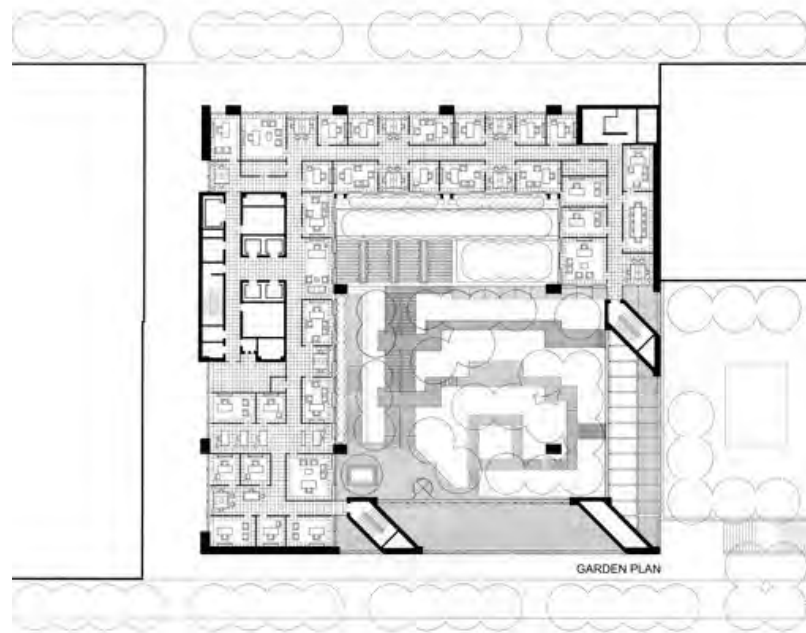
Principali temi progettuali

Il quartier generale della Ford Foundation è considerato il primo grande successo della coppia, una combinazione di ideali unici di Roche e soluzioni strutturali innovative di Dinkeloo. Hanno introdotto una tipologia di ufficio in cui l'interazione dei dipendenti si è estesa oltre i dipartimenti e i livelli, raggiungendo anche il pubblico. La Ford Foundation è insolita per Manhattan in quanto occupa meno piedi quadrati di quanto il sito consenta. Invece di progettare un edificio più corto per coprire l'intero sito ma rompere lo skyline esistente, gli architetti hanno approfittato dello spazio in eccesso. Gli uffici occupano solo una parte del sito, con il resto dedicato a un giardino interno all'interno di un atrio simile a una serra. La vegetazione rigogliosa e lo spazio generoso forniscono un punto focale per i lavoratori e un'interfaccia tra la Fondazione e la città.

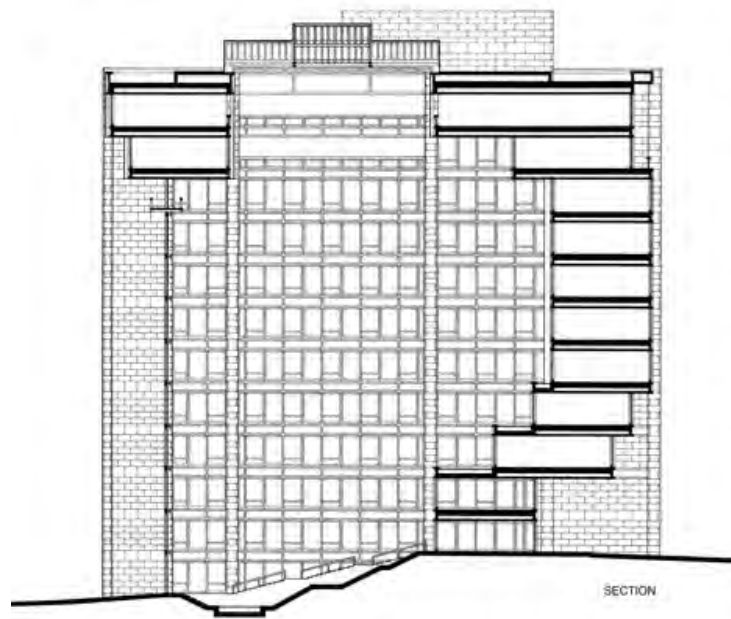
Descrizione delle soluzioni

Desiderando creare un senso di comunità, Roche e Dinkeloo organizzarono i nuovi uffici in una formazione C. Tutti gli occupanti sono in grado di vedersi attraverso il giardino e beneficiare della luce naturale offerta dalle pareti di vetro e dal lucernario. I piani inferiori sono arretrati per creare terrazze che si affacciano sul giardino, a cui si accede da ogni ufficio attraverso porte scorrevoli in vetro. Mentre i colleghi si conoscono reciprocamente sulle facciate interne, il singolo ufficio si perde nella composizione di unità ripetute, offrendo privacy e anonimato ai suoi occupanti. Ispirata alla costruzione di ponti e autostrade, la struttura semplice è composta da cemento portante e acciaio stagionato. Le travi di acciaio si estendono per 84 piedi, liberando le facciate sud e est. Le pareti vetrate a dieci piani sono arretrate rispetto alle colonne, dissolvendo la distinzione tra interno ed esterno. Il giardino è visibile al pubblico attraverso le imponenti pareti trasparenti.

Immagini
architettoniche



Pianta piano terra



Sezione

Immagini





Titolo intervento	The Shard
Architetti/Ingegneri	Renzo Piano Building Workshop
Anno	2012
Località	Londra - UK
Superficie	111 000 m ²
Stato di completamento	Completato
Funzioni	Uso misto
Parole chiave	Giardino interno, luce naturale, stazione ferroviaria.

Principali temi progettuali

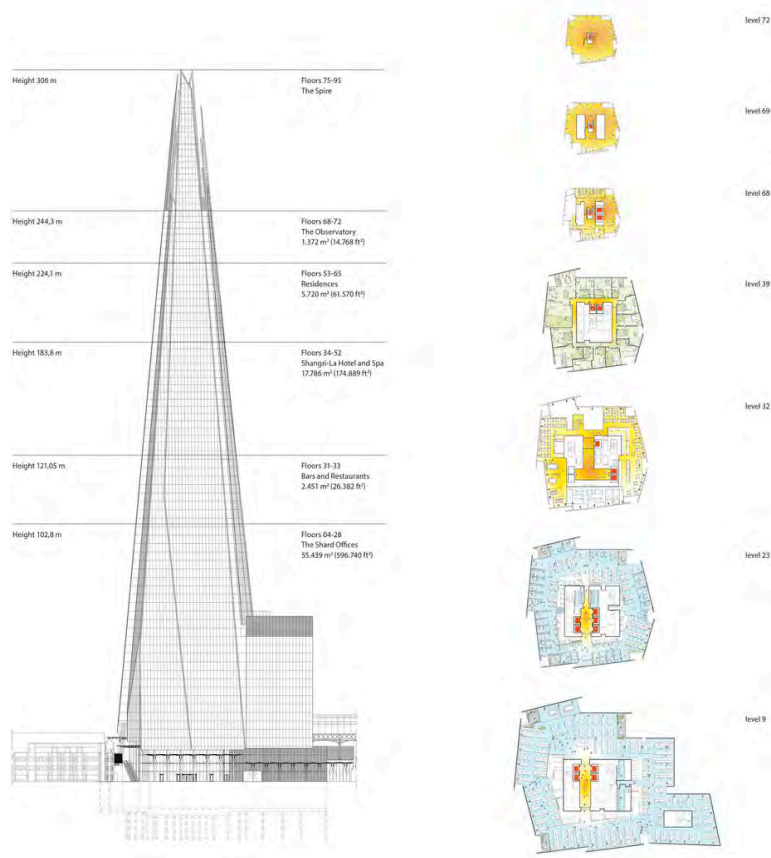
The Shard, noto anche come London Bridge Tower, è una torre di 72 piani ad uso misto situata accanto alla stazione di London Bridge, sulla riva sud del Tamigi. Questo progetto è stato una risposta alla visione urbana del sindaco di Londra Ken Livingstone e alla sua politica di incoraggiare lo sviluppo ad alta densità nei nodi di trasporto chiave di Londra. Questo tipo di estensione urbana sostenibile si basa sulla vicinanza dei trasporti pubblici, scoraggia l'uso dell'auto e aiuta a ridurre la congestione del traffico in città. Un mix di usi - residenziali, uffici e vendita al dettaglio - crea un edificio in uso 24 ore al giorno. La forma slanciata e piramidale della torre era determinata dalla sua idoneità a questo mix: grandi piatti sul fondo per gli uffici; ristoranti, spazi pubblici e un hotel situato nel mezzo; appartamenti privati nella parte superiore dell'edificio. Gli ultimi piani ospitano una galleria pubblica, a 240 m sopra il livello della strada. Questa disposizione delle funzioni consente inoltre alla torre di assottigliarsi e scomparire nel cielo, un dettaglio particolarmente importante per Renzo Piano Building Workshop, dato il rilievo dell'edificio sullo skyline di Londra. Tradizionalmente, in questa zona di Londra non è stato concesso il permesso di costruire edifici così alti. Tuttavia, poiché il progetto era di qualità eccezionale, e dopo l'approvazione da parte del pubblico, si è ritenuto che non avrebbe rovinato la vista della città storica.

Descrizione delle soluzioni

In circostanze normali gli edifici sono, prevedibilmente, costruiti dal suolo. Vale a dire che un'area è scavata, le fondazioni sono spinte in posizione, e il lavoro inizia con i livelli del seminterrato e elaborati al livello del suolo e così via. Nel tentativo di ridurre i tempi e i costi, il frammento ha utilizzato una tecnica innovativa conosciuta come costruzione "top-down", che ha permesso di costruire i primi 23 piani di nucleo in cemento e parte della struttura circostante prima che il seminterrato fosse completamente scavato. Anche se la tecnica "top-down" era stata usata prima, era la prima al mondo per un edificio così alto. La struttura deriva la sua stabilità dal nucleo di cemento massiccio che attraversa il centro dell'edificio, anche se

le strutture in cemento e acciaio intorno ad esso sono in qualche misura stratificati. È stato progettato in questo modo grazie alla funzionalità di diverse aree degli edifici. Ad esempio, nelle aree residenziali è preferibile il calcestruzzo in quanto è un isolante acustico migliore, mentre nelle aree per uffici è preferibile l'acciaio in quanto è più facile far passare cavi di alimentazione e gli altri servizi attraverso di esso. Otto facciate di vetro inclinate, i "frammenti" definiscono la forma e la qualità visiva della torre, frammentando la scala dell'edificio e riflettendo la luce in modi imprevedibili. Nelle "fratture" tra i frammenti forniscono una ventilazione naturale ai giardini d'inverno. Il vetro extra-bianco utilizzato sul The Shard dona alla torre una leggerezza e una sensibilità al cielo che cambia intorno ad essa, il colore e l'umore del The Shard cambiano costantemente. Le schegge di vetro stesse non si incontrano, come si può vedere nella pianta del pavimento, consentendo il flusso d'aria naturale attraverso i condotti di ventilazione. Al vertice dell'edificio c'è un radiatore progettato per disperdere il calore dal suo nucleo, aggiungendo credenziali ecologiche dell'edificio

Immagini architettoniche



Piante e prospetto

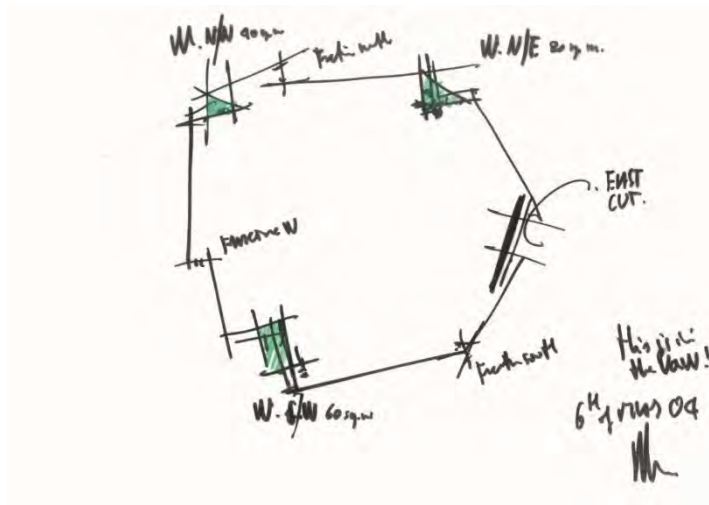
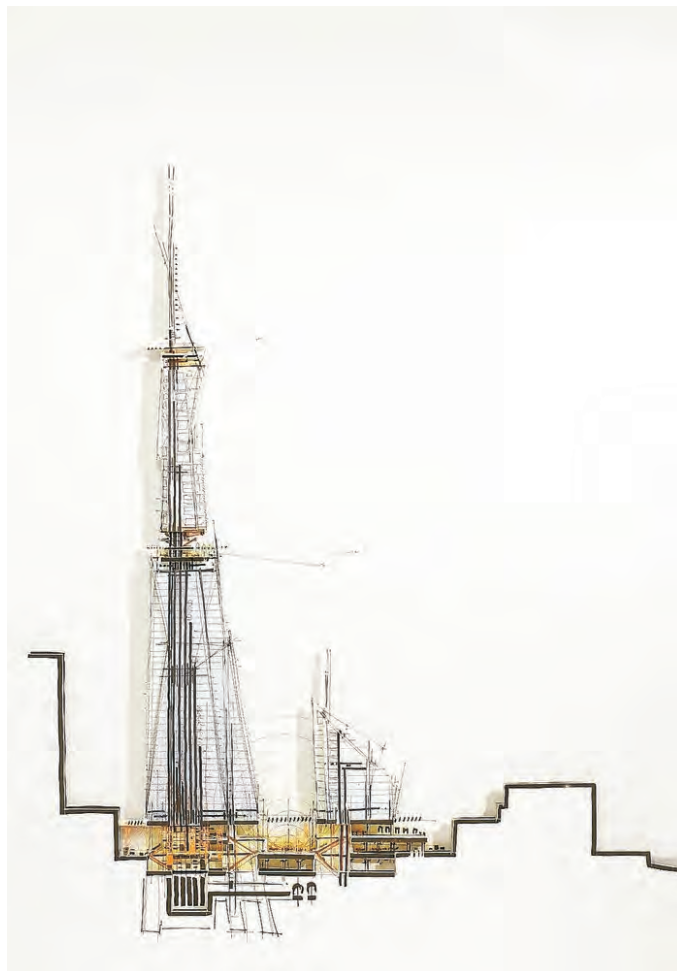


Diagramma di schizzo



Schizzo di sezione



Pianta del sito

Immagini





4.2. Concept di progetto

Il concept rappresenta una proposta progettuale necessaria a definire gli elementi fondamentali di un progetto e fornisce le basi per la realizzazione dello stesso. All'interno del concept vengono espone le linee guida che accompagnano le fasi di progetto, fino alla fase esecutiva. Il risultato del lavoro concettuale viene solitamente utilizzato come una visualizzazione di scenari futuri e processi di ricerca, diventando quindi il risultato finale, piuttosto che il risultato iniziale. Pertanto, la cosa più importante è concepire prima idee progettuali a livello territoriale, cioè analizzare tutti i contenuti su scala più ampia, proseguendo con lo studio dell'edificio in esame, approfondendolo in scala più dettagliata. Nel primo caso, è importante capire come sono collegati luoghi, attività e idee, aggiungendo così valore geografico. Sulla base del solo progetto architettonico, è importante comprenderne il legame con il territorio e fornire servizi alla collettività.

Quando si esamina un luogo, è necessario tenere immediatamente a mente le funzioni e le potenzialità che fornisce, in modo da poterle utilizzare per migliorare le condizioni iniziali. L'area dello Scalo Romana è un territorio urbano, ad alta densità, che offre soluzione per chi vive nei pressi dell'area, ma anche per gli abitanti che passano, oppure sostano, per questa zona durante tutto l'anno. A questo livello, il concept prevede di migliorare quei percorsi, attualmente assenti, andando a diminuire i tempi di percorrenza dei tragetti come la connessione tra l'uscita della metropolitana e la fermata della stazione del passante ferroviario. L'edificio farà parte di questo percorso, andando a creare un tratto coperto con la sua struttura a sbalzo.

Scendendo di scala, si giunge all'analisi dell'edificio, che parte dapprima da un'analisi volumetrica e giunge fino alla distribuzione funzionale. A questa scala, il concept aiuta a capire lo sviluppo delle forme e la distribuzione funzionale dell'edificio, facendo risaltare le prime idee di intervento. Il primo approccio prevede lo studio delle forme dell'immobile, con un'analisi specifica di potenzialità e criticità. In parallelo si analizzano i punti che conferiscono una forte identità all'esistente e si pensa a come conferirgli ancora più valore. È importante che un recupero preveda dei richiami all'esistente: alcune forme, alcuni elementi, possono, anche se dapprima sottovalutate, avere un forte impatto sul progetto.

L'edificio si svilupperà in verticale parte delle funzioni pubbliche e la totalità delle funzioni private, quali uffici amministrativi e residenze. La torre poggerà sul una basamento, nel quale sarà permesso l'esercizio di tutte le attività e i servizi pubblici: spazi commerciali (HUB TEMPORARY SHOP), servizi di tavola calda e ristoro, auditorium, spazio mostre e un laboratorio artistico-musicale. La morfologia del basamento viene resa più "dinamica" tramite dei rientri sul suo perimetro. Progettazione di un sistema a portico sull'ingresso della parte pubblica. Dalla vista S-E si può notare che il porticato si svilupperà su tutta la profondità del basamento: questo fungerà anche da passaggio coperto per chi percorrerà il tratto che collega l'uscita della metropolitana M3 alla stazione ferroviaria Romana. Lo stesso sistema a portico viene riproposto per l'ingresso

della partita privata. Per semplificare la sicurezza e i flussi, l'entrata della parte privata (residenze e uffici amministrativi) è stata dissociata da quella pubblica. Sarà possibile accedere alle attività di ristoro, localizzati agli ultimi piani della torre, dall'ingresso della zona privata. Il basamento funge da attacco a terra, oltre ad ospitare le attività pubbliche. Mentre la torre resta con una morfologia semplice e razionale, ospitando le attività private.

Una volta definito un ingombro, si studia come questi spazi vadano poi ad essere occupati e il tipo di flusso che va ad interessarli. Lo sviluppo dell'edificio ha indotto a definire due tipi di utenze: il primo è rappresentato da una parte più massiccia dell'edificio, il basamento, che ospiterà le attività pubbliche; il secondo blocco, la torre, ospiterà le funzioni private (uffici e residenze) oltre agli ultimi piani di ristoro. Questo è stato riportato in uno schema spaziale e funzionale, così da riassumere le suddivisioni degli spazi e, di conseguenza, analizzando i flussi interni di persone (Fig.67).

4.3. Il progetto architettonico

Una parte molto importante e cruciale del progetto architettonico è la creazione di un legame col contesto esistente. Infatti, essa consiste in un processo logico-

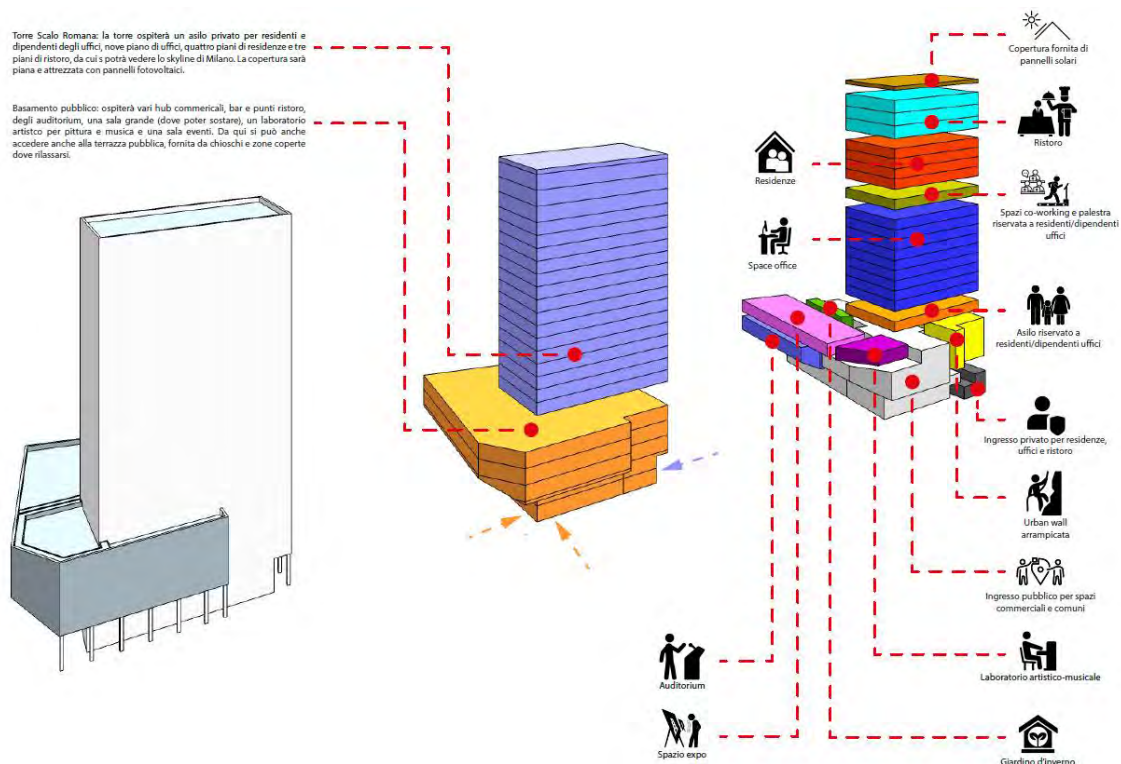


Figura 67 – Concept funzionale e spaziale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo artistico-scientifico in grado di individuare forme, organizzazioni e processi atti alla creazione di spazi dedicati in cui l'uomo possa svolgere specifiche attività quali abitare, lavorare o rilassarsi: tutto ciò che verrà inserito all'interno del progetto, quindi nel contesto attuale, sarà per migliorare o ricreare tali attività e spazi.

4.3.1. Universal design

Le analisi, gli studi e le considerazioni fatte fino a questo momento hanno permesso di individuare gli elementi fondamentali per concludere che lo Scalo Romana possa essere un luogo per tutti. Quest'idea nasce sia dall'attenta osservazione dell'area, che offre svariati servizi, sia dal pensiero dello sviluppo delle potenzialità che ancora non sono state sfruttate. Il concetto di "Home-for-All" che si lega al concetto di "città verticale" può aumentare ancora di più queste potenzialità, creando così un nuovo polo attrattore italiano, come l'esempio citato precedentemente nella città di Bilbao. Entrambi i concetti possono legarsi al tema dell'Universal Design.

Il termine Universal Design è stato introdotto nel 1985 dall'architetto americano Ronald L. Mace della North Carolina State University. Affetto fin da piccolo da poliomielite, Mace si è costantemente dedicato ai temi della progettazione accessibile e così definì l'Universal Design: "Universal design is the design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design ". Per l'architetto, questo concetto rappresentava una disciplina che generava prodotti adatti alla più ampia gamma di utenti e non oggetti per persone con specifiche esigenze. Nel 1997 l'Universal design si è ulteriormente definito attraverso la formulazione di sette principi sviluppati dal Centre for Universal Design da tecnici e progettisti specializzati in materia.

L'Universal design è emerso dai concetti, leggermente anteriori, di senza barriere (barrier-free), dal più ampio movimento dell'accessibilità e dalla tecnologia adattiva e assistiva, cercando inoltre di fondere l'estetica a queste considerazioni di base. Mentre l'aspettativa di vita si alza e le scienze mediche migliorano il tasso di sopravvivenza dei pazienti con lesioni significative, malattie e difetti congeniti, vi è in parallelo un crescente interesse per la progettazione universale. Ci sono molti settori in cui il design universale sta avendo una forte penetrazione di mercato, ma ci sono molti altri in cui non è ancora stato adottato in ampia misura. Il design universale viene anche applicato alla progettazione della tecnologia, dell'istruzione, dei servizi, e del più ampio spettro di prodotti e ambienti.

Questi punti si pongono come orientamenti e suggerimenti a cui attenersi per realizzare una progettazione accessibile, uguale per tutti e sicura:

- Equità: deve poter essere utilizzato da chiunque
- Flessibilità: deve adattarsi a diverse abilità
- Semplicità: deve essere intuitivo e facile da capire
- Percettibilità: deve trasmettere le effettive informazioni sensoriali
- Tolleranza all'errore: deve minimizzare i rischi o le azioni non volute
- Contenimento dello sforzo fisico: deve poter essere utilizzato con minima fatica
- Misure e spazi sufficienti: deve avere spazio idoneo per l'accesso e l'uso.

4.3.2. La copertura della pubblica

Già dal livello planimetrico (Fig. 68) si può notare che l'edificio si lega bene con

l'ambiente circostante, occupando lo spazio definito dalla direttrice di Viale Umbria, dalla radiale di Corso Lodi e dal tracciato ferroviario. La nuova costruzione va a legarsi al paesaggio con un piazza pubblica, parzialmente coperta, che offrirà spazi di sosta tramite delle sedute, spazi per deposito di bici (private e pubbliche)



Figura 68 – Planimetria, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

e degli spazi dedicati a soste più lunghe con tavoli per mangiare, studiare o rilassarsi.

La particolarità di questa piazza è proprio nella copertura, che non ha solo il compito di proteggere le persone nei giorni di pioggia o troppo caldi, ma ha anche una funzione ambientale.

La struttura (Fig. 69), progettata dallo studio danese Cobe, nasce come stazione di ricarica per i veicoli elettrici (EV). Queste stazioni non solo promettono di ricaricare un veicolo in soli 15 minuti, ma offrono anche a conducenti e passeggeri una pausa di benvenuto e la possibilità di ricaricare le proprie batterie mentali mentre l'auto viene alimentata. La prima è stata progettata nella città danese Fredericia e fa parte di una rete imminente di 48 stazioni di ricarica ultraveloci per veicoli elettrici lungo le autostrade scandinave.

Le stazioni di ricarica sono costituite da una serie di "alberi" strutturali, caratterizzati da tettoie molto simili alle chiome degli alberi, che offrono ombra



Figura 69– Immagine della struttura |
Fonte: www.cobe.dk

e definiscono un ambiente verde e un'atmosfera rilassante. Un contrasto netto con una tradizionale stazione di servizio in cui le file di veicoli e gli odori dei gas di scarico e degli scarichi delle auto sono la norma. Grazie ad un concetto di design modulare le stazioni sono scalabili, quindi un singolo "albero" può facilmente diventare un intero "boschetto" a seconda delle necessità. Le stazioni sono costruite in legno certificato e cemento, sormontate da pannelli solari e circondate da alberi reali, erba e altre piantagioni selezionate in collaborazione con la Società danese per la conservazione della natura con l'obiettivo di migliorare la biodiversità intorno alla stazione. Tutti i componenti della costruzione possono essere suddivisi in materiali utilizzabili e riciclabili e la scelta del legno come materiale da costruzione enfatizza ulteriormente il design sostenibile dell'edificio. Nel progetto sviluppato, questa copertura ha la volta di ricreare questa atmosfera per le persone, creando così una barriera con la città che la circonda. Inoltre, i pannelli solari posizionati alla sommità di queste coperture, andranno a compensare parte dell'energia necessaria all'edificio e avranno anche la funzione di recupero delle acque, per l'irrigazione del parco.

4.3.3. Parte pubblica

Piano terra



Figura 70 – Painta piano terra, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Il piano terra (Fig. 70) è suddiviso in due spazi ben precisi: l'ingresso privato e l'ingresso pubblico. Il primo è composto da una reception e quattro ascensori che portano all'asilo, agli uffici, alle residenze e ai piani ristoro; invece, il secondo da l'accesso al basamento pubblico che al piano terra ospiterà degli hub commerciali, una reception, che fungerà da info point e da orientamento all'interno della struttura, una postazione bar, con locali privati dedicati al personale, e le apposite sedute, un giardino d'inverno, che occuperà i tutti i piani in altezza del basamento pubblico, i bagni pubblici (posti a colonna su tutta l'altezza della torre, ad esclusione dei piani delle residenze), il blocco delle scale anti-incendio e tre sistemi differenti per i collegamenti verticali, cioè le scale, l'ascensore e una rampa. In merito agli ultimi due elementi di risalita va specificato che sia le dimensioni degli ascensori (pubblici e privati) sia la pendenza della rampa rispettano le normative di legge previste riguardanti la dimensione minima e la pendenza massima per il comodo utilizzo per persone con handicap.

La volontà è di lasciare un ambiente aperto, in modo tale da non creare modi di congestione all'interno dell'edificio e così da poter rendere fruibile lo spazio ad eventi temporanei o a mostre specifiche. Come in tutti gli altri piani dell'edificio, il principale obiettivo è stato quello del superamento delle barriere architettoniche: ogni locale è accessibile a chiunque, grazie anche al dimensionamento adeguato degli spazi di collegamento. Ogni locale è predisposto di dispositivi antincendio e laddove necessario, dotati di uscite di emergenza meccanizzate.

Piano Primo



Figura 71 – Painta piano primo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Il primo piano (Fig. 71), come il piano terra, si sviluppa con una pianta libera ospitando dei punti di tavola calda e degli hub commerciali, oltre ai bagni pubblici e sistemi di risalita precedentemente specificati. Su questo piano si può notare anche una discontinuità della soletta, creando così un affaccio sul piano sottostante. Questo si ritroverà anche nei piani successivi, con la volontà di creare uno spazio unico e connesso. La funzionalità principale di questo piano è la creazione di spazi di sosta in cui rilassarsi e affacciarsi al parco, grazie al curtain wall che posto nella parte sud dell'edificio. Lo spazio che al piano inferiore era dedicato alla reception dell'ingresso pubblico, al primo piano è stato utilizzato come spazio deposito e/o magazzino per le pulizie del piano.

Piano Secondo, Piano Terzo e Piano Quarto

Il secondo, terzo e quarto piano sono interconnessi tra di loro e ciò è dovuto dalle attività che offrono. Di fatto, per semplificare la spiegazione, è opportuno presentarli assieme.

Il secondo piano (Fig. 72) ospita degli hub commerciali e degli spazi in cui poter sostare e rilassarsi. Oltre a queste attività già presenti nei piani inferiori, vi sono nuove attività che vogliono andare a colmare le mancanze dell'area dello scalo romano. Infatti, un'attività a indirizzo sportivo, ovvero delle pareti per arrampicata. Questo spazio si presenta con un ingresso costituito da tornelli e una reception, in maniera tale garantire la sicurezza e la privacy degli utenti. Inoltre avrà disposizioni degli spogliatoi privati, per ambo i sessi, e l'ingresso alla sala con le pareti per arrampicare, che occuperà un totale di 15 m di altezza, corrispondente a tre piani dell'edificio. La stessa superficie sarà dedicata a questa attività anche



Figura 72 – Pianta piano secondo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo



Figura 73 – Pianta piano terzo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

ai piani superiori , dove al terzo piano (Fig. 73) dobbiamo trovare uno spazio bar, con sedute dedicate, dove poter guardare le persone praticare lo sport o l'allenamento, mentre al quarto piano quello spazio sarà dedicato ad una piccola palestra con strumenti dedicati.

Oltre allo spazio dedicato all' arrampicata, il secondo piano ospita un sistema

a gradonate dove poter so stare da soli o tra amici. Questo è dettato dalla morfologia dell'edificio, in quanto all'esterno vi sarà il sottopassaggio, che porterà alla fermata della stazione del passante ferroviario. queste postazioni a gradoni saranno visibili dal piano superiore, ovvero il terzo, in quanto esso ospiterà un'altezza doppia. A fianco di quest'ultimo si svilupperanno cinque stanze che saranno spazi dedicati ad auditorium: quattro stanze avranno 72 posti, mentre l'ultima, più grande, avrà a disposizione 108 posti.

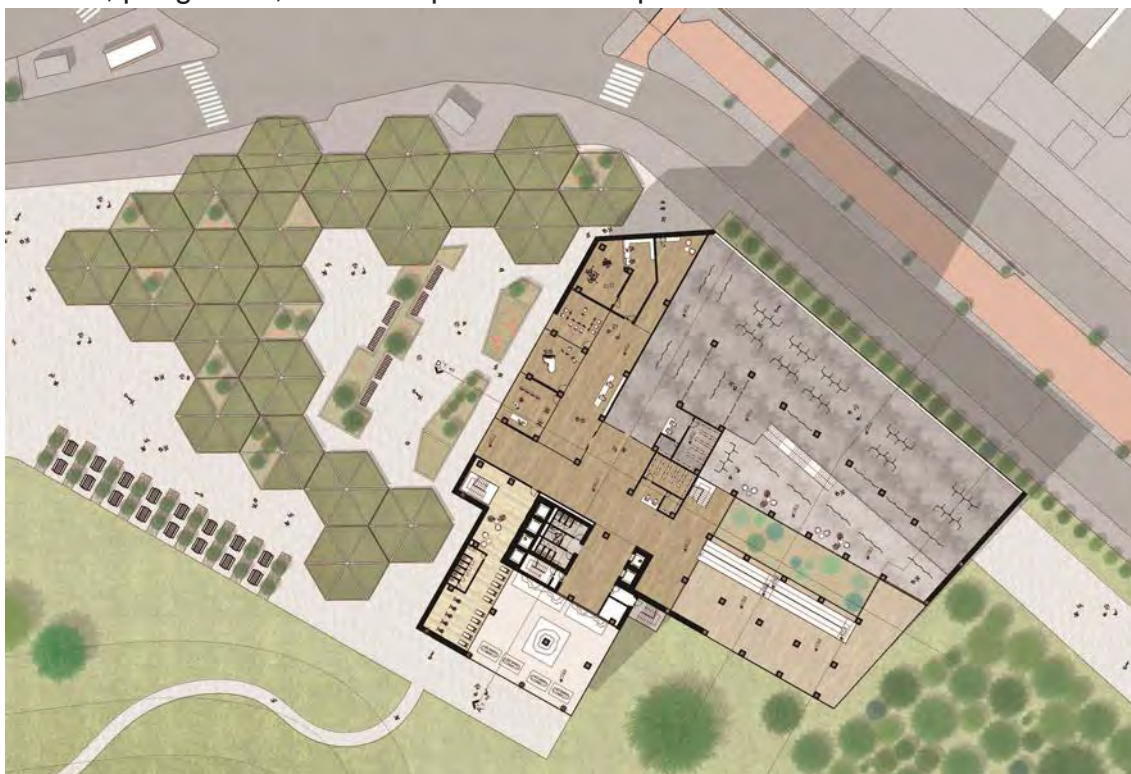


Figura 74 – Painta piano quarto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Portandoci ad analizzare il quarto piano (Fig. 74), oltre a quanto già descritto, cioè la parte dedicate nel terzo agli auditorium e alle gradinate, troviamo nuovamente degli hub commerciali, i bagni pubblici, il blocco scale antincendio e i servizi di risalita. Sempre su questo piano troviamo una prima parte dedicata ad un'attività il cui accesso è al piano superiore cioè uno spazio mostre/eventi. Infatti, arrivati al quarto piano, ultimo piano coperto del basamento, troviamo l'accesso allo spazio mostre/eventi, sopradescritto, e anche l'accesso al laboratorio artistico e musicale. Poco prima dei due accessi possiamo trovare nuovamente uno spazio dedicato alla reception, posto all'uscita degli ascensori, all'arrivo della rampa e delle scale.

Piano Quinto

Il quinto piano (Fig.75) ha la funzione di terrazza panoramica ed è l'ultimo piano utilizzabile della parte pubblica del basamento ed è condiviso col primo servizio accessibile solamente dall'ingresso privato, cioè l'asilo. La terrazza pubblica è attrezzata con dei chioschi utilizzabili durante la giornata e delle postazioni con sedute e tavoli. Quest'ultimi sono posti sotto delle pensiline che fungono da copertura solare. Oltre la funzione di ombreggiare le sedute, hanno anche la funzione di recupero energetico. Questo è possibile tramite i pannelli fotovoltaici

posti sulla loro copertura, con un orientamento sud-est.



Figura 75 – Painta piano quinto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

L'asilo, invece, è la prima funzione che occupa l'intera superficie della torre. L'asilo sarà destinato principalmente ai residenti e dipendenti degli uffici della torre. Questa volontà riprende il significato di "vertical city", cercando di dare tutte le funzioni necessarie agli utenti della torre. La pianta si compone di due locali dedicati all'amministrazione, degli spogliatoi per i bambini (posizionati all'ingresso dell'ufficio), uno spazio giochi comune, tre aule comunicanti e separabili tramite pareti a scomparsa e uno spazio più grande dedicato alla mensa e, all'occasione, per recite o eventi organizzati dalle maestre e dai bambini. L'asilo è attrezzato di una terrazza, con piante aromatiche e fiori, utilizzabile nei giorni più caldi e soleggiati. Infine sono presenti cucina e bagni adeguati ai bambini più piccoli, oltre due spazi per il deposito materiale. Nel caso di emergenze il personale potrà utilizzare la scala d'emergenza interna, compresa nel core strutturale, o la scala d'emergenza esterna.

4.3.4. Parte privata

Questa parte di progetto si sviluppa solamente nel volume composto dalla torre ed è suddiviso in:

- Nove piani uffici;
- Un piano diviso tra sale comuni e palestra;
- Quattro piani di residenze;
- Tre piani con attività di ristoro;
- La copertura non praticabile, se non a fini tecnici.

La distribuzione delle funzioni è stata fatta in seguito ai casi studio analizzati, ma anche in base alla quantità di rumore che potevano provocare. Per questo ai piani più bassi sono stati messi gli uffici, seguiti da un piano comune diviso tra sale comuni e palestra, utilizzabile solo per i residenti ed i dipendenti degli uffici, e di seguito le residenze. Invece, i ristoranti sono stati posti agli ultimi tre piani per poter godere dello skyline milanese a 360 gradi. Tale suddivisione è riconoscibile anche dai prospetti della torre (Fig. 76), dove gli uffici e il piano condiviso saranno caratterizzati da un scansione di finestre che si ripete su ogni piano, le residenze saranno caratterizzati da logge, rendendo i prospetti più dinamici ed, infine, nei piani dedicati ai ristoranti abbiamo un ripresa del curtain wall visto solamente nella parte pubblica, determinando nuovamente una coesione del volume interno e l'indirizzo pubblico che si vuole dare all'attività svolta.



Figura 76 – Prospetto sud-ovest, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

4.3.4.1. Uffici: parametri e dimensionamento degli spazi di lavoro

L'ufficio, ambiente in cui si trascorre la maggior parte della giornata, è, per molti, uno spazio essenziale. Le dimensioni, le qualità ambientali e l'organizzazione funzionale delle zone adibite a lavoro, hanno conosciuto molte evoluzioni nell'ultimo secolo. Tuttavia, il cambiamento più significativo ha avuto luogo quando lo scenario dell'ambiente ufficio si è trasformato, caratterizzandosi per l'onnipresenza delle nuove tecnologie e per il progressivo avanzare dei processi di decartolarizzazione. Oggi, pertanto, lo spazio ufficio è il risultato dell'interazione tra elementi d'arredo, sofisticate tecnologie e fruitori ogni giorno più mobili all'interno della struttura stessa. Nei nuovi edifici, gli standard di spazio cominciano a tenere conto della necessità di assicurare una serie di servizi aggiuntivi. I servizi aggiuntivi possono essere considerati come un modo per attirare e trattenere gli impiegati. Il numero e il tipo di questi servizi cambiano da paese a paese e da azienda ad azienda, a seconda della localizzazione, del numero di persone e dell'età media del personale. Il dimensionamento dello spazio è un fattore di grande importanza per l'ottimizzazione delle risorse e per il corretto funzionamento dell'edificio. Attualmente per pianificare le dimensioni degli spazi di lavoro è necessario considerare non solo quali siano le dimensioni ottimali, ma anche per quanto tempo le persone svolgano la loro attività e quanta parte del lavoro si svolga in altra sede.

All'interno di uno spazio lavorativo l'organizzazione si basa su spazi primari e spazi di supporto. Gli spazi primari rappresentano la maggior parte della superficie dell'edificio e sono comunemente chiamati spazi di lavoro. L'organizzazione di questi spazi varia in base al tipo di attività che deve essere svolta e dal modello organizzativo dell'azienda. Una prima suddivisione degli spazi di lavoro è tra spazi per il lavoro individuale e spazi per il lavoro di gruppo, e tra postazioni di lavoro assegnate e postazioni di lavoro condivise. Le aree di lavoro individuali sono solitamente organizzate con posti di lavoro situati in uffici personali, chiamati uffici cellulari, o con posti di lavoro individuali situati in grandi spazi aperti. Gli uffici cellulari sono piccole stanze destinate al lavoro individuale di una persona o di un piccolo gruppo, che lavora in modo autonomo, sono adatti ad attività di lavoro che necessitano di grande concentrazione o che richiedono una buona privacy.

L'ufficio a pianta aperta, invece, prende come riferimento la fabbrica e considera lo spazio luogo di produzione della scrittura. L'open-space, che permette un'enorme concentrazione di persone in grandi aree, è il modello della razionalizzazione dello spazio e della spersonalizzazione dei posti di lavoro, utile per ottenere il rafforzamento sul controllo del lavoro degli impiegati. Un'evoluzione dello spazio di lavoro che tiene conto delle esigenze di comunicazione e di flessibilità, e delle richieste di miglioramento della qualità ambientale è, l'ufficio paesaggio. Nell'office landscape si prevede un insieme di unità di lavoro disposte su un piano libero, all'interno di un contenitore architettonico, secondo uno schema articolato in modo organico in funzione delle necessità operative dell'azienda.

L'ufficio paesaggio migliora l'immagine e la qualità ambientale degli spazi di

lavoro, migliora le possibilità d'interazione e la comunicazione tra le persone. Gli spazi di gruppo sono spesso localizzati nei punti focali delle aree di lavoro. Le tipologie di spazio che possono essere utilizzate per il lavoro di gruppo sono diverse, e la loro dimensione e personalizzazione varia dal tipo di lavoro svolto. Le nuove tipologie di spazio di lavoro hanno come obiettivo la riduzione dei costi, l'aumento di produttività e l'incremento delle interazioni (Fig. 77).

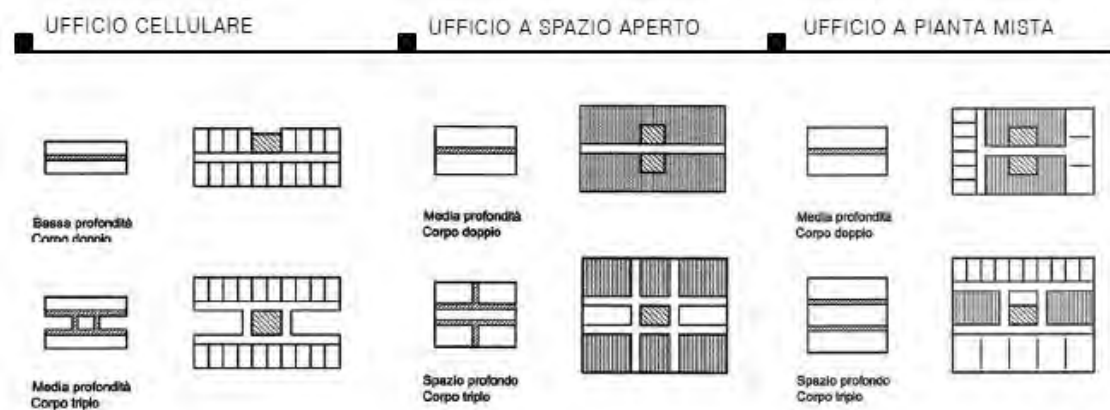


Figura 77 – Tipologie pianta uffici

Ciò che unisce le diverse proposte di nuovi posti di lavoro per lo svolgimento di attività singole è l'eliminazione del concetto di assegnazione alla singola persona di un determinato posto di lavoro. Tutte le nuove proposte prevedono in diverse forme, la condivisione delle strutture. Il fenomeno della mobilità degli impiegati, che trascorrono un tempo sempre minore in ufficio, e la necessità di ottimizzare l'utilizzazione dello spazio ha comportato questo cambiamento organizzativo. Free-address, hot-desking, hoteling, touchdown, just-in-time, sono termini diversi per esprimere modalità di organizzazione dello spazio, che prevedono la disponibilità di posti di lavoro non assegnati, che possono essere utilizzati dagli addetti in tempi diversi. Altra novità, è l'utilizzo di posti di lavoro universali che prevede una superficie di lavoro organizzata secondo una disposizione fissa di posti di lavoro che possono adattarsi allo svolgimento di diverse funzioni lavorative. La grande flessibilità è il vantaggio di questo tipo di soluzione: ogni riorganizzazione, infatti, comporta lo spostamento delle persone e di pochi complementi di arredo. Gli spazi di supporto sono destinati ad accogliere i servizi necessari al funzionamento complessivo della struttura. I più significativi sono quelli destinati all'accoglienza, gli spazi sociali, e gli spazi ausiliari. Molto spazio è destinato alle attività per la socializzazione e per il tempo libero.

La pianta degli uffici del progetto (Fig. 78) si sviluppa seguendo le linee guida di uffici a pianta mista, dove si ha una divisione dello spazio in funzione del core: della parte destra, in prossimità del perimetro, sono presenti le postazioni di lavoro individuale, mentre nella parte centrale troviamo quattro stanze destinate al lavoro di gruppo o a sale riunioni, un spazio salotto dove poter rilassarsi e sfruttare le proprie pause e uno spazio dedicato alla pausa pranzo; invece a sinistra del core troviamo due uffici dirigenziali separati da una sala riunioni più grande rispetto alle precedenti. Il blocco centrale, come detto in precedenza, racchiude i quattro ascensori, le scale d'emergenza e i servizi igienici.



Figura 78 – Pianta piano uffici, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

4.3.4.2. Sale co-working e palestra



Figura 79 – Pianta piano quindicesimo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Il piano che divide gli uffici dalle residenze è il quindicesimo piano (Fi.g 79) ed è un piano fruibile dai residenti e dai dipendenti degli uffici. Esso, come per gli uffici, si divide in due parti: nella parte destra troviamo la palestra, fornita di strumenti

per la ginnastica, tre sale corsi (due sale da 80mq e un'altra, quella centrale, da 85mq) e spogliatoi maschili, femminili e riservati al personale; nella parte sinistra invece troviamo sale co-working utilizzabili come spazi per lo studio o lavoro, per riunioni o feste di condomini e/o dipendenti. Le stanze sono tutte fornite da illuminazione naturale ed hanno una metratura che va da 21mq a 60mq.

4.3.4.3. Residenze



Figura 80 – Painta piano residenze, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Ogni piano di residenza (Fig. 80) si compone di un totale di otto appartamenti con differenti metrature e spazi. Ciò che accomuna tutti gli appartamenti sono le logge, riconoscibili dal prospetto. Le logge poste sul lato lungo della torre hanno una profondità di 2,50m ed una larghezza di 6,20m, per una superficie totale di 15,50mq; invece, le logge poste sul lato corto sono profonde 4,20m e larghe 3,75m, per una superficie totale 15,75mq. È chiaro che la superficie occupata dalle logge è importante all'interno di un contesto abitativo, ma la scelta progettuale ha la volontà che queste diventino un prolungamento delle stanze. Le metrature degli appartamenti sono diverse, così da poter soddisfare qualsiasi tipo di richiesta, infatti troviamo:

- Monolocale: 45mq + loggia di 15,50mq;
- Bilocale: 55mq + loggia di 15,50mq;
- Trilocale: 90mq + loggia di 15,50mq;
- Trilocale: 100mq + loggia di 15,75mq;
- Quadrilocale: 140mq + loggia di 15,50mq + loggia di 15,75mq.

Oltre agli appartamenti, nella posizione del core, al posto dei servizi igienici troviamo degli spazi dedicati come deposito e strumenti per la pulizia del piano.

I requisiti illuminanti e di areazione sono calcolati all'interno del progetto tecnologico.

4.3.3.4. Ristoro

Gli ultimi tre piani della torre sono riservati al ristoro. Come nella parte comune, i tre piano sono collegati tra loro tramite la discontinuità dei solai di piano. In questo è stato possibile inserire della vegetazione all'interno di questi locali. La distribuzione in pianta prende gli stessi principi spiegati precedentemente per gli uffici, con la differenza che al posto delle postazioni lavoro avremo tavoli e sedie da pranzo. Nella parte invece, oltre al core con blocco ascensori, scale d'emergenza e servizi igienici, troviamo un blocco indirizzato alla cucina, con gli spazi per cucinare e le dispense, gli spogliatoi per il personale lavorativo e un locale per il deposito temporaneo di cappotti o borse.



Figura 81 – Pianta piano ventiduesimo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

Un elemento distintivo si lo si può trovare all'ultimo dei ristori (Fig. 81) e della torre stessa, cioè la passerella panoramica. Il riferimento di questa passerella è stato ripreso dal "Intesa Sanpaolo Office Building", analizzata nella scheda dei "casi studio". Dalla passerella sarà possibile avere una vista dall'alto del parco e dello skyline milanese.

4.4. Progetto strutturale

Localizzazione

L'area di progetto si trova a Milano, capoluogo della regione Lombardia. Il contesto è caratterizzato da un'area fortemente edificata, con altezze dai 3 agli 8 piani

Progetto architettonico

Si eseguirà il dimensionamento della struttura del corpo torre, ad uso terziario e residenziale. Il corpo torre è distaccato dal basamento presentato precedentemente, tramite un giunto strutturale, cioè il distaccamento tra le due strutture. Questo è dovuto al fatto di non riportare alla struttura del basamento le forze orizzontali a cui è soggetta la torre, come le azioni del vento e le azioni del sisma. Il progetto prevede una struttura portante costituita da pilastri e travi in acciaio, con solai in lamiera grecata a secco e stratigrafie verticali scelte in modo da sfruttare la tecnologia struttura/rivestimento (S/R). Invece, il core della torre sarà in c.a..

4.4.1. Normative di riferimento

I calcoli contenuti nella presente relazione sono stati eseguiti con il metodo degli Stati Limite come definito dalle seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02/02/2009, n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018” – NTC/08
- Eurocodice 1, Basi di calcolo e azioni sulle strutture
- Eurocodice 3, Progettazione delle strutture di acciaio
- CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”
- EN 1993-1-1: 2005, General rules - Buckling
- EN 1993-1-8: 2005, Design of joints L angles

Sicurezza e prestazioni attese

Le NTC/18, al paragrafo 2.1 “Principi fondamentali”, stabiliscono che:

“La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- -sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- sicurezza antincendio: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;

- durabilità: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- -robustezza: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.”

Al paragrafo “Verifiche” delle NTC/08 è specificato inoltre che:

“Le opere strutturali devono essere verificate, salvo diversa indicazione riportata nelle specifiche parti delle presenti norme:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;
- c) quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.

Le verifiche delle opere strutturali devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta – ove specificato dalle presenti norme - in base a specifiche indagini. Laddove necessario, la struttura deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo costruttivo previsto; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi.”

Nel paragrafo 2.3 “Valutazione della sicurezza” delle NTC/18 viene illustrato il metodo semiprobabilistico agli stati limite, fondato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza: la sicurezza della struttura deve essere verificata confrontando la resistenza con l'effetto delle azioni.

“Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

- R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate
- E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{ki} \gamma F_j$ delle azioni, o direttamente $E_{dj} = E_{kj} \gamma E_j$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γF_j , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità

del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.”

4.4.2. Azioni sulle costruzioni

Al paragrafo “Classificazione delle azioni” delle NTC/18 viene definito il concetto di azione come “ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura”.

4.4.2.1. Carichi permanenti

Si definiscono permanenti (G) le 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 nel tempo:

a) permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell’acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G_1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);
- spostamenti e deformazioni impressi, incluso il ritiro;
- presollecitazione (P).

b) variabili (Q): azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura:

- sovraccarichi;
- azioni del vento;
- azioni della neve;
- azioni della temperatura.

Le azioni variabili sono dette di lunga durata se agiscono con un’intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura. Sono dette di breve durata se agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura. A seconda del sito ove sorge la costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata.

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 dai terremoti.”

Carichi permanenti strutturali, G_1

I pesi propri della struttura saranno calcolati a posteriori rispetto ai carichi permanenti non strutturali e variabili, rispettando la successione logica dei calcoli: il peso proprio della struttura è infatti frutto del dimensionamento fatto in funzione delle azioni agenti sulla stessa.

Carichi permanenti non strutturali, G_2

I carichi permanenti non strutturali sono quelli non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, ad esempio tamponature esterne, divisori interni, pavimenti, controsoffitti, impianti, ecc.

In linea di massima, in presenza di orizzontamenti con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati e variabili possono essere assunti come uniformemente ripartiti per quanto riguarda la verifica complessiva. Anche le partizioni interne e gli impianti leggeri possono assumersi, in genere, come carichi distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

C.O.02 - Copertura NON praticabile

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Ghiaia	0,15	1700	255,00
B	Membrana bituminosa	0,02	700	14,00
C	Perlite	0,045	100	4,50
D	Strato di separazione TNT	0,002	1000	0,13
E	Pannello isolante	0,1	15	3,50
F	Pannello in OSB	0,03	600	18,00
G	Pannello isolante	0,06	250	3,50
H	Controsoffitto con pendini	-	-	15,00
I	Cartongesso	0,025	900	22,50
J	Stucco	0,0015	1200	2,40

TOTALE 338,53 kg/m²

G2 3,32 kN/m²

C.O.03 - Copertura praticabile

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Pavimentazione in gres	0,003	1500	4,50
B	Malta di allettamento	0,005	1800	9,00
C	Perlite	0,045	100	4,50
D	Pannello isolante	0,06	130	7,80
E	Pannello in OSB	0,03	600	18,00
F	Pannello isolante	0,04	60	2,40
G	Strato divisorio	0,0125	1150	14,38
H	Pannello isolante	0,08	37	2,96
I	Controsoffitto con pendini	-	-	15,00
J	Cartongesso	0,025	900	22,50
K	Stucco	0,0015	1200	2,40

TOTALE 103,44 kg/m²

G2 1,01 kN/m²

P.O.03 - Solaio “tipo” interno

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Pavimentazione in gres	0,008	1500	12,00
B	Malta di allettamento	0,005	1800	9,00
C	Perlite	0,075	100	7,50
D	Pannello isolante	0,10	130	13,00
E	Pannello in OSB	0,03	600	18,00
F	Pannello isolante	0,12	37	4,44
G	Controsoffitto con pendini	-	-	15,00
H	Cartongesso	0,025	900	22,50
I	Stucco	0,0015	1200	2,40

TOTALE **103,84 kg/m²**

G2 **1,02 kN/m²**

P.V.01 - Parete divisoria interna

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Stucco	0,002	1200	2,40
B	Cartongesso	0,025	900	22,50
C	Lana di vetro	0,06	50	3,00
D	Cartongesso	0,025	900	22,50
E	Stucco	0,002	1200	2,40

TOTALE **52,80 kg/m²**

G2 **0,52 kN/m²**

Peso totale per metro lineare di parete: **2,07 kN/m**

P.V.02 - Parete divisoria interna doppia

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Stucco	0,002	1200	2,40
B	Cartongesso	0,025	900	22,50
C	Lana di vetro	0,16	50	8,00
D	Cartongesso	0,025	900	22,50
E	Stucco	0,002	1200	2,40

TOTALE **57,80 kg/m²**

G2 **0,57 kN/m²**

Peso totale per metro lineare di parete: **2,27 kN/m**

C.V.01 - Chiusura perimetrale verticale

	STRATO	SPESSORE (m)	DENSITA' (kg/m ³)	PESO (kg/m ²)
A	Pannelli fibrocemento	0,008	1700	13,60
B	Aria	0,04	1,225	0,05
C	Pannello isolante	0,12	35	4,20
D	Pannello in OSB	0,03	650	19,50
E	Aria	0,075	1,225	0,09
F	Pannello isolante	0,05	400	20,00
G	Barriera al vapore in alluminio	0,003	567	1,70
H	Cartongesso	0,025	900	22,50
I	Stucco	0,002	1200	2,40
TOTALE				57,44 kg/m²
G₂				0,56 kN/m²
Peso totale per metro lineare di parete:				2,82 kN/m

Elementi divisori interni

I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici con destinazione assimilabile a quella in oggetto, possono assumersi generalmente come carichi equivalenti distribuiti. Al paragrafo 3.1.3. “carichi permanenti non strutturali” delle NTC/08 viene infatti specificato che:

“Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e per uffici, il peso proprio di elementi divisori 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:

- Per elementi divisori con $G_2 \leq 1.00$ kN/m $g_2 = 0.40$ kN/m²;
- Per elementi divisori con $1.00 < G_2 \leq 2.00$ kN/m $g_2 = 0.80$ kN/m²;
- Per elementi divisori con $2.00 < G_2 \leq 3.00$ kN/m $g_2 = 1.20$ kN/m²;
- Per elementi divisori con $3.00 < G_2 \leq 4.00$ kN/m $g_2 = 1.60$ kN/m²;
- Per elementi divisori con $4.00 < G_2 \leq 5.00$ kN/m $g_2 = 2.00$ kN/m².

Elementi divisori interni con peso proprio maggiore devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.”

Nel nostro caso quindi:

P.V.01 - Parete interna con intercapedine per impianti, il carico lineare $G_2 = 2.07$ kN/m può essere assimilato ad un carico distribuito pari a $g_2 = 1.20$ kN/m²;

P.V.02 - Parete interna, il carico lineare $G_2 = 2.27$ kN/m può essere assimilato ad un carico distribuito pari a $g_2 = 1.20$ kN/m².

4.4.2.2. Carichi variabili

Con il termine “carichi variabili” si fa riferimento ad azioni legate alla destinazione d’uso dell’opera, con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi tra loro nel tempo.

Al paragrafo “Sovraccarichi” delle NTC/18 si precisa che:

“I sovraccarichi, o carichi imposti, comprendono i carichi legati alla destinazione d’uso dell’opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k
- carichi verticali concentrati Q_k
- carichi orizzontali lineari H_k

I valori nominali e/o caratteristici di q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di rilevanti amplificazioni dinamiche della risposta delle strutture.“

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

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 di 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 altri 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.	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 categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli autoveicoli dovranno essere valutate caso per caso.

Nell'edificio oggetto di studio considereremo quindi quattro diverse situazioni:

- Dal Piano Terra al Piano Quinto i locali saranno adibiti a destinazione commerciale, categoria D1, ad aree con tavoli (asilo, caffè, tavole calde), categoria C1, ad aree di possibile svolgimento di attività fisiche (arrampicata), categoria C4, e di una terrazza aperta al pubblico, soggetta ad affollamento. Per diminuire la quantità di calcoli si adotterà un $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$;
- Dal Piano Sesto al Piano Quattordicesimo destinato ad uffici aperti e non aperti al pubblico, categoria B1 e B2. Si adotterà un valore $q_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$;
- Piano Quindicesimo destinato a sale comuni e ad aree di svolgimento di attività fisiche, Categoria C4. Si adotterà un $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$;

- Dal piano Sedicesimo al Piano Diciannovesimo ad uso residenziale, categoria A, $q_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$;
- Dal Piano Ventesimo al Piano Ventiduesimo ad attività di ristoro, categoria C1. Si adotterà un valore $q_k = 3.00 \text{ kN/m}^2$;
- Copertura accessibile per sola manutenzione, categoria H1, $q = 0.50 \text{ kN/m}^2$.

Azione del vento

L'azione del vento viene generalmente considerata di direzione orizzontale; esercita sugli edifici azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando effetti dinamici.

Come definito al paragrafo 3.3.2 "Velocità di riferimento" delle NTC/18:

"La velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tabella 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni."

Avendo individuato un'area di progetto situata ad un'altitudine sul livello del mare

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

di circa 200 m, la velocità di riferimento è data dall'espressione: $v_b = v_{b,0}$
 Considereremo quindi $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$, $a_0 = 1000 \text{ m}$ e $k_s = 0.040 \text{ 1/s}$.

Al paragrafo "Azioni statiche equivalenti" delle NTC/18 si premette che:

"Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento."

La pressione esercitata dal vento è data dalla relazione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

q_b è la pressione cinetica di riferimento,

c_e è il coefficiente di esposizione,

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento,

c_d è il coefficiente dinamico, con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data da:

$$p_f = q_b c_e c_f$$

c_f è il coefficiente di attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_b è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

v_b è la velocità di riferimento del vento espressa al paragrafo precedente in m/s, ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente pari a $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$.

Considereremo quindi $q_b = 390.63 \text{ N/m}^2$.

Coefficiente di esposizione

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 cui sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

k_r, z_0, z_{\min} sono assegnati in Tabella 3.3.II delle NTC/08 in funzione della

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorge nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di 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

categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione,

c_t è il coefficiente di topografia, posto generalmente $c_t=1$ sia per le zone pianeggianti, sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Considerando una rugosità del terreno di Classe A e una distanza dalla costa superiore ai 30 km, possiamo localizzare il nostro sito in Categoria V di esposizione.

Assumeremo quindi $k_r = 0.23$, $z_0 = 0.70$ m e $z_{min} = 12$ m.

Con un'altezza massima sul suolo pari a $z = 101.5$ m, quindi maggiore alla z_{min} assegnata dalla Tabella 3.3.II delle NTC/18, si può procedere al calcolo del coefficiente di esposizione:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] = 3.15$$

Considerando invece un'altezza sul suolo pari a $z_{min} = 8$ m:

$$c_e(z_{min}) = k_r^2 c_t \ln(z_{min}/z_0) [7 + c_t \ln(z_{min}/z_0)] = 1.48$$

Coefficiente di forma

Il coefficiente di forma c_p è dato dalla somma del coefficiente aerodinamico esterno c_{pe} e del coefficiente aerodinamico interno c_{pi} .

Come specificato al paragrafo "Coefficiente di forma (o aerodinamico)" della Circolare 02/02/2009, per edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate o curve:

"Per la valutazione della pressione esterna si assumerà:

- Per elementi sopravento (cioè direttamente investiti dal vento), con inclinazione

- sull'orizzontale $\alpha \geq 60^\circ$, $c_{pe} = + 0.8$;
- Per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $20^\circ < \alpha < 60^\circ$, $c_{pe} = + 0.03 \alpha - 1$;

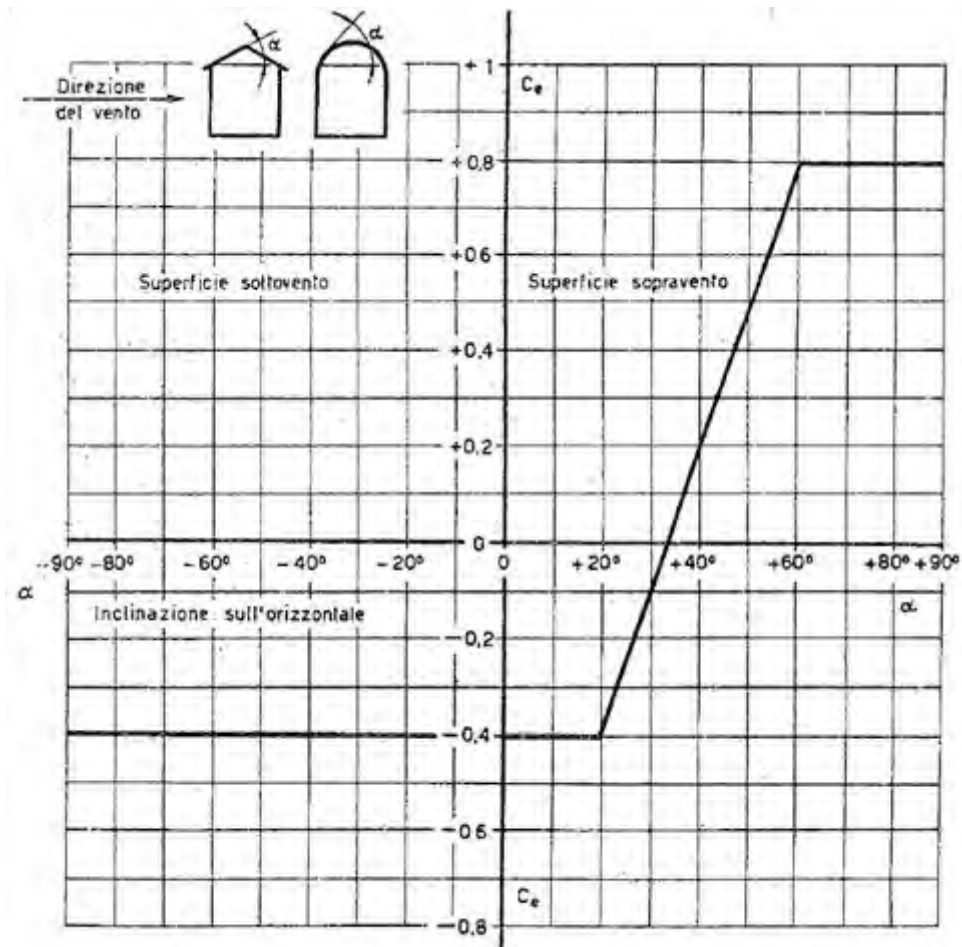


Figura C3.3.2 Valori assunti da c_{pe} al variare di α

- Per elementi sopravento, con inclinazione sull'orizzontale $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ e per elementi sottovento (intendendo come tali quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti da vento radente), $c_{pe} = -0.4$.

Per la valutazione della pressione interna si assumerà:

- Per costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie minore di $1/3$ di quella totale, $c_{pi} = \pm 0.2$;
- Per costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie non minore di $1/3$ di quella totale, $c_{pi} = + 0.8$ quando la parete aperta è sopravento, $c_{pi} = - 0.5$ quando la parete aperta è sottovento o parallela al vento;
- Per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di $1/3$ di quella totale, $c_{pe} + c_{pi} = \pm 1.2$ per gli elementi normali alla direzione del vento, $c_{pe} = \pm 0.2$ per i rimanenti

elementi.”

Assumeremo quindi un coefficiente $c_p = + 1.2$.

Tabella C3.3.I Valori del coefficiente d'attrito

Superficie	Coefficiente d'attrito c_f
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia..)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame..)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata..)	0,04

Coefficiente di attrito

In assenza di più precise valutazioni, il coefficiente di attrito c_f assume i valori riportati nella Tabella C3.3.I della Circolare 02/02/2009.

Ipotizzando una finitura delle facciate in intonaco, consideriamo $c_f = 0.01$.

Pressione del vento

Il calcolo della pressione del vento è stato effettuato considerando due altezze differenti: nel primo caso si ipotizza un'altezza inferiore a $z_{min} = 12$ m; nel secondo caso si considera invece l'altezza effettiva dell'edificio, pari a $z = 101.5$ m.

Per chiarezza espositiva, si riportano i calcoli per individuare la pressione del vento agente nei due casi sopracitati:

$$p(z_{min}) = q_b c_e c_p c_d = 693.46 \text{ N/m}^2$$

$$p(z) = q_b c_e c_p c_d = 1478.02 \text{ N/m}^2$$

$$p_f(z_{min}) = q_b c_e c_f = 390.63 * 1.48 * 0.01 = 5.78 \text{ N/m}^2$$

$$p_f(z) = q_b c_e c_f = 390.63 * 3.15 * 0.01 = 12.32 \text{ N/m}^2$$

Si ottengono quindi i seguenti valori di pressione del vento, agente rispettivamente nei due casi $z_{min} = 8$ m (comprendente i primi due livelli dell'edificio) e $z = 24.30$ m:

$$p_{tot}(z_{min}) = 770.44 \text{ N/m}^2$$

$$p_{tot}(z) = 1143.84 \text{ N/m}^2$$

Ipotizziamo quindi di considerare due situazioni differenti: l'azione del vento agisce nel primo caso in direzione X (F_x), perpendicolarmente alla facciata di area minore A_x , e nel secondo caso in direzione Y (F_y), perpendicolarmente alla facciata di area maggiore A_y , come mostrato nello schema sottostante.

h (altezza)	p [N/m ²]	A lato lungo y [m ²]	A lato corto x [m ²]	Fy [kN]	Fx [kN]
5	699,24	250,0	125,0	174,81	87,40
10	699,24	250,0	125,0	174,81	87,40
15	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
20	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
25	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
29	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
33	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
37	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
41	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
45	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
49	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
53	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
57	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
61	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
65	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
69	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
73	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
77	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
81	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
85	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
90	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
95	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
101,5	1490,33	325,0	162,5	484,36	242,18

Si vuole individuare la forza dovuta all'azione del vento che agisce nei baricentri di ogni solaio dell'edificio, nelle due situazioni citate. Riassumendo i risultati trovati:

Azione della neve

Il carico provocato dalla neve sulle coperture viene valutato mediante l'espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t$$

μ_i è il coefficiente di forma della copertura,

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, fornito per un periodo di ritorno di 50 anni,

C_E è il coefficiente di esposizione,

C_t è il coefficiente termico.

Valore caratteristico del carico neve 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. Al capitolo 3.4.2 "Valore caratteristico del carico neve al suolo" delle NTC/18 viene specificato che:

"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 di seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni.”

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:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m} \quad [3.4.3]$$

Il valore q_{sk} è dunque funzione della zona e dell'altitudine di riferimento $a_s \leq 200$ m, corrispondente alla quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

Considereremo quindi $q_{sk} = 1.50 \text{ kN/m}^2$.

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E modifica il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. I valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella Tabella 3.4.I delle NTC/18.

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

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

Assumeremo quindi un coefficiente $C_E = 1.0$.

Coefficiente termico

Il coefficiente termico C_t tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causato dalla perdita di calore della costruzione. Tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno studio specifico, al paragrafo 3.4.4 “Coefficiente termico” delle NTC/18 viene assegnato un coefficiente $C_t = 1.0$.

Coefficiente di forma per le coperture

I valori nominali del coefficiente di forma μ_i sono espressi nella Tabella 3.4.II delle NTC/18 in funzione dell'angolo α formato dalla falda con l'orizzontale (espresso in gradi sessagesimali).

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 - \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Il progetto prevede una copertura piana, quindi con inclinazione della falda prossima ad un valore di 0° rispetto all'orizzontale: considereremo un coefficiente $\mu_i = 0.8$.

Si può quindi procedere al calcolo del carico provocato dalla neve sulle coperture:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t = 1.20 \text{ kN/m}^2$$

4.4.2.3. Azione sismica

L'azione del sisma verrà considerata solamente in direzione orizzontale; viene definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Come definito al paragrafo 3.2 "Azione sismica" delle NTC/18:

"La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti."

Al paragrafo 3.2.3 "Valutazione dell'azione sismica" delle NTC/18 si specifica inoltre:

"Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo, pari ad $a_g \geq 0,15g$.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico."

Per valutare l'azione del sisma è stato utilizzato il file Excel "SPETTRI-NTC", che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto relative alla zona interessata nel territorio nazionale. La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in tre fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di

alcuni parametri da parte dell'utilizzatore.

- Fase 1: Individuazione della pericolosità del sito
- Fase 2: Scelta della strategia di progettazione
- Fase 3: Determinazione dell'azione di progetto

Individuazione della pericolosità del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
0,1815

LATITUDINE
45,4773

Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Milano

COMUNE
Milano

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variazioni dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

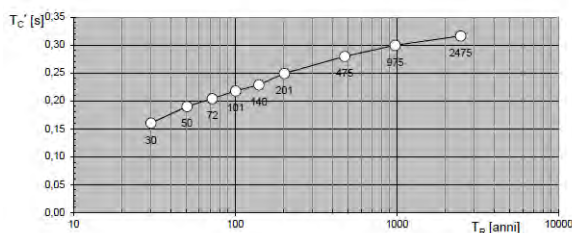
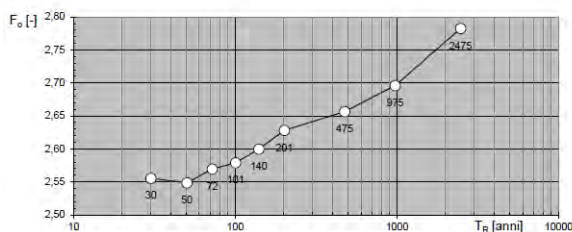
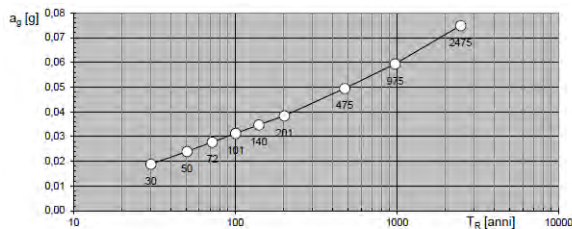
Nodi del reticolo intorno al sito



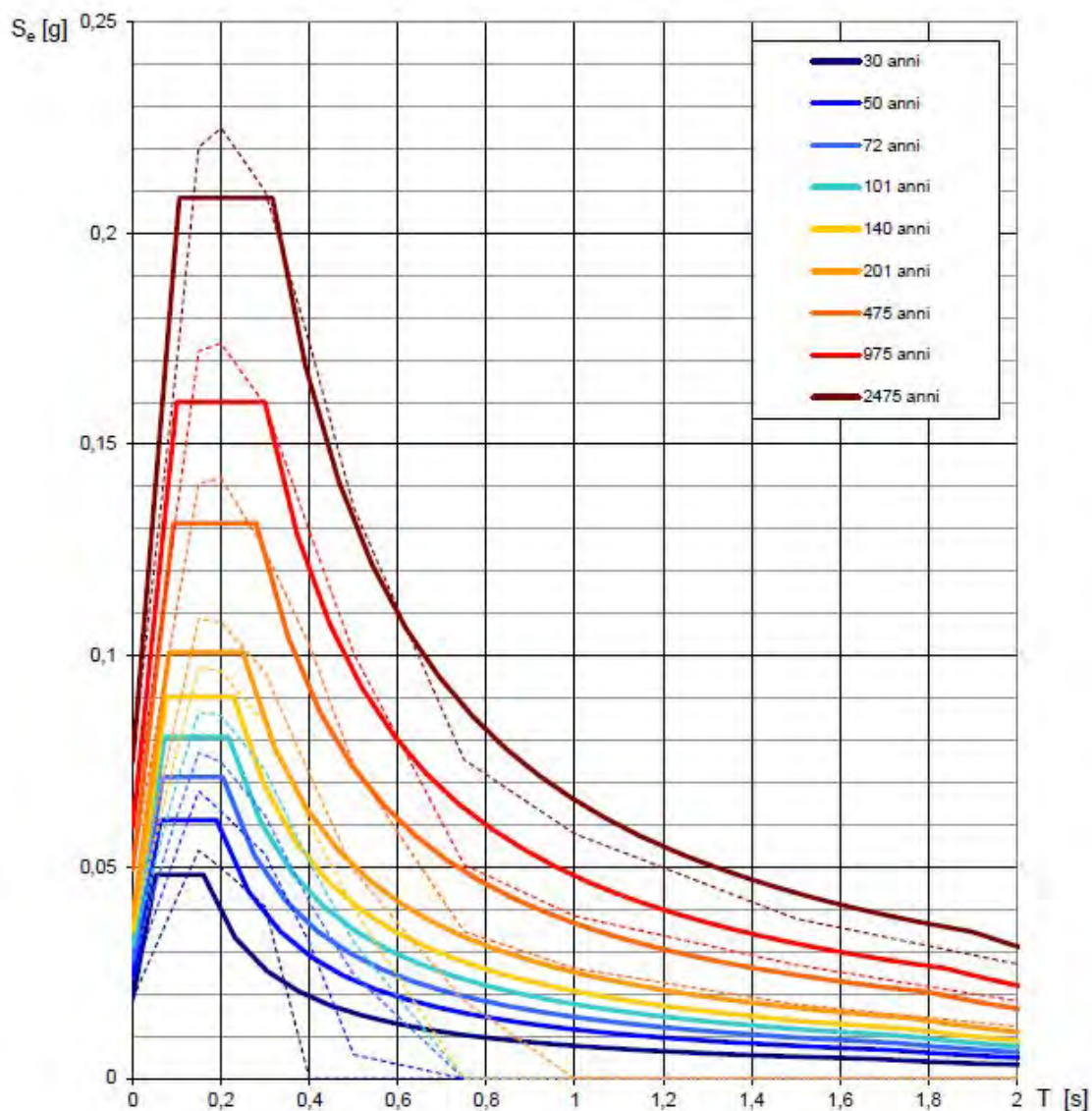
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

La prima fase prevede una ricerca per comune, allo scopo di individuare il sito di progetto mediante selezione di regione, provincia e comune. In questo modo si possono ricavare i tre parametri fondamentali, al variare del tempo di ritorno T_R , e gli spettri di risposta:



T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C' [s]
30	0,019	2,555	0,160
50	0,024	2,549	0,190
72	0,028	2,569	0,204
101	0,031	2,579	0,218
140	0,035	2,600	0,229
201	0,038	2,628	0,249
475	0,049	2,657	0,280
975	0,059	2,696	0,299
2475	0,075	2,783	0,316



Scelta della strategia di progettazione

La definizione di vita nominale della struttura viene presentata al paragrafo 2.4.1

“Vita nominale” delle NTC/18:

“La vita nominale di un’opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.”

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i> Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda la classe d'uso, prevedendo normali affollamenti, l'edificio appartiene alla Classe II (paragrafo 2.4.2 delle NTC/18).

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R ottenuto moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , il cui valore è definito al variare della classe d'uso.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Faremo quindi riferimento ad un coefficiente d'uso $C_U = 1.0$ e ad un periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 50$ anni.

Periodo di ritorno e stati limite

Come è scritto al paragrafo 3.2.1 "Stati limite e relative probabilità di superamento" delle NTC/18:

"Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte

delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.”

Per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, ci si basa sulle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} riportate nella Tabella 3.2.1 delle NTC/18.

Tabella 3.2.1 – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {	SLO - $P_{VR} = 81\%$ <input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$ <input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU {	SLV - $P_{VR} = 10\%$ <input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$ <input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

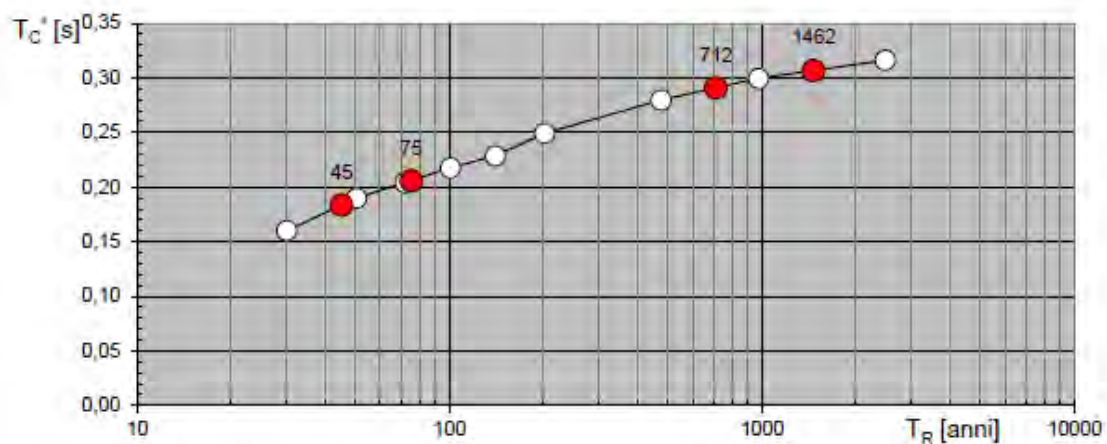
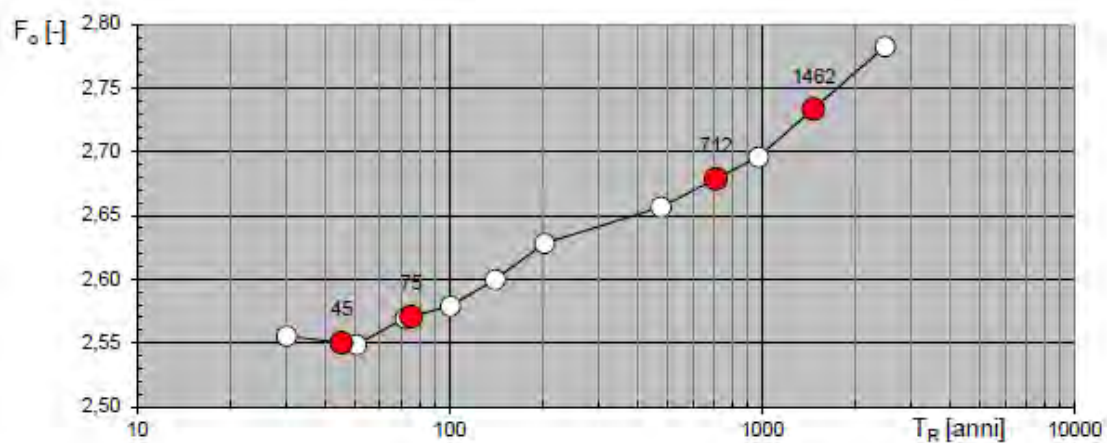
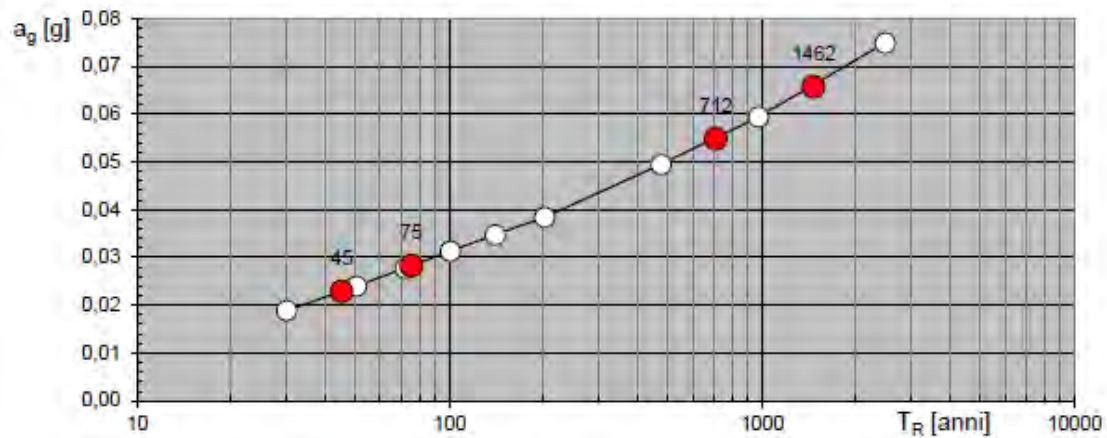
Strategia di progettazione

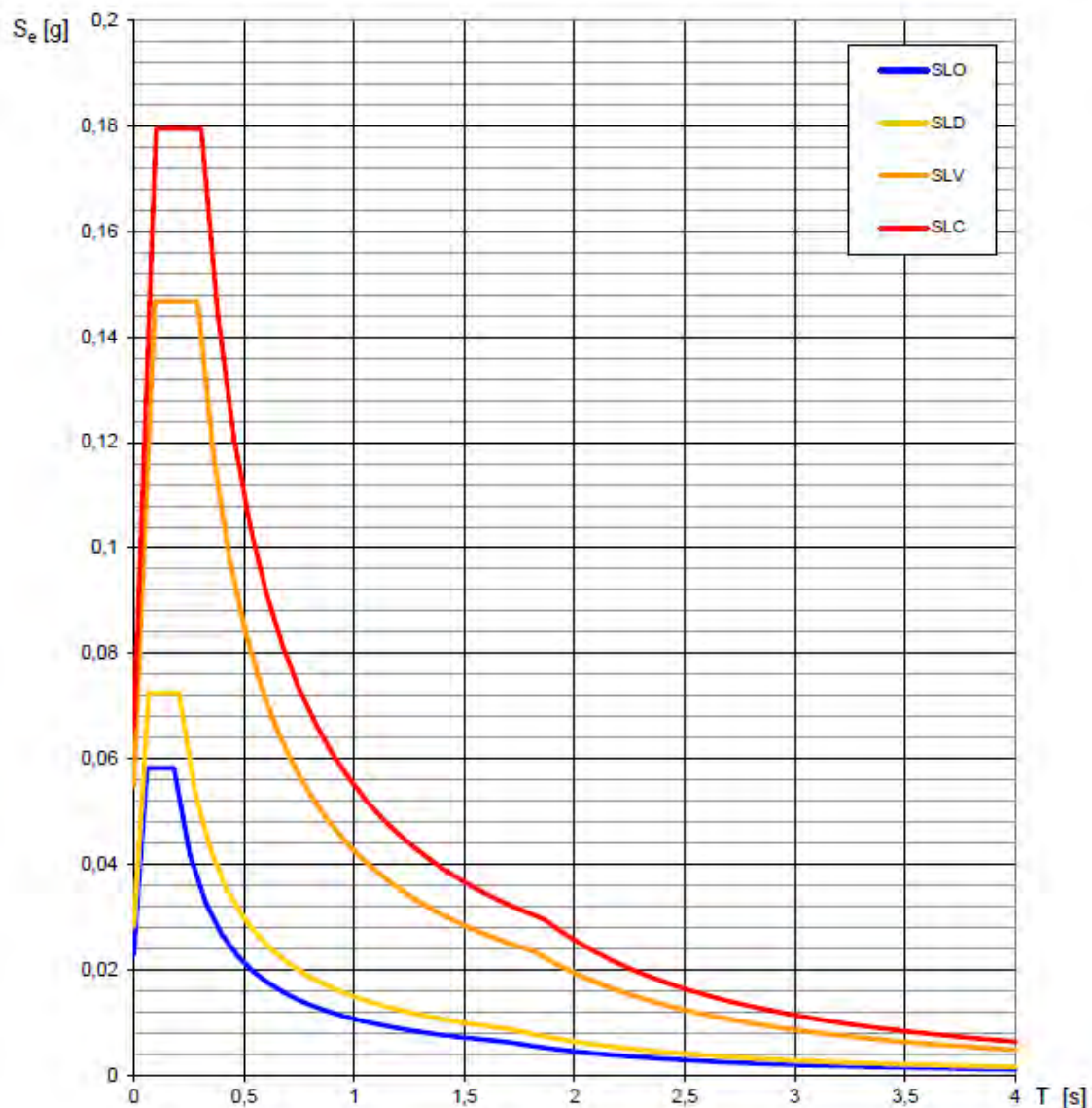
LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Il foglio di calcolo consente quindi di valutare, per ogni stato limite sopra definito, il tempo di ritorno T_R valutato in anni. Considereremo quindi dei tempi di ritorno T_R (SLO) = 45 anni, T_R (SLD) = 75 anni, T_R (SLV) = 712 anni, T_R (SLC) = 1462 anni. Si può quindi ricavare nuovamente la tabella dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per gli anni richiesti, e gli spettri di risposta elastici per i vari stati limite:





Determinazione dell'azione di progetto

Coerentemente con la destinazione d'uso del fabbricato, si considerano in questa fase solamente due dei quattro stati limite elencati nel paragrafo precedente: lo Stato Limite di Danno (SLD) come stato limite di esercizio, e lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) come stato limite ultimo.

Risposta sismica locale

Per definire l'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Al paragrafo 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche" delle NTC/18 si specifica inoltre che:

"Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di

taglio entro i primi 30 m di profondità. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.”

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Considereremo quindi un sottosuolo di Categoria C.

Per quanto riguarda invece le condizioni topografiche, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione che viene presentata nella

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 3.2III delle NTC/18:

Come specificato al paragrafo 3.2.3.4 “Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio” delle NTC/18:

“Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerato.”

Allo stesso modo, come scritto al paragrafo 3.2.3.5 “Spettri di progetto per gli stati limite ultimi”:

“Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della

sua sovreresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerato, con le ordinate ridotte.”

Spettro di progetto, componente orizzontale

Come precisato al paragrafo 7.2.1 “Criteri generali di progettazione” delle NTC/18: “Le costruzioni soggette all'azione sismica, non dotate di appositi dispositivi dissipativi, devono essere progettate in accordo con i seguenti comportamenti strutturali:

- Comportamento strutturale non-dissipativo (SLE): gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche) se non rilevanti;
- Comportamento strutturale dissipativo (SLU): gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, in funzione della tipologia strutturale adottata, tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti e comunque sempre quando precisato).”

L'analisi lineare può essere utilizzata per calcolare gli effetti delle azioni sismiche sia nel caso di sistemi dissipativi sia nel caso di sistemi non dissipativi.

Si richiede quindi di valutare il valore massimo del fattore di struttura q_0 , che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.

Nell'ambito del comportamento dissipativo, le strutture si possono classificare in base alla loro capacità dissipativa e all'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; si possono distinguere infatti due situazioni: Classe di duttilità alta (CD “A”) e Classe di duttilità bassa (CD “B”).

La struttura in oggetto si ipotizza appartenente alla Classe B.

Come definito al paragrafo 7.4.3.1 “Tipologie strutturali” delle NTC/18:

“Le strutture sismo-resistenti in cemento armato previste dalle presenti norme possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- a) Strutture a telaio: nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- b) Strutture a pareti: nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti, singole o accoppiate, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- c) Strutture miste telaio-pareti: nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata - prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di strutture miste equivalenti a

telai, altrimenti si parla di strutture miste equivalenti a pareti;

d) Strutture deformabili torsionalmente: composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione $r/l_s > 0,8$, nella quale:

r_2 = rapporto tra rigidezza torsionale e flessionale di piano

$l_2s = (L^2 + B^2)/12$ (L e B dimensioni in pianta del piano)

e) Strutture a pendolo inverso: nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione o nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale;

Le strutture delle costruzioni in calcestruzzo possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente.

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

Tipologia	q_0	
	CD"B"	CD"A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_2 / \alpha_1$	$4,5 \alpha_2 / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_2 / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Per ciascuna tipologia strutturale, il valore massimo di riferimento per q_0 è indicato nella Tabella 7.4.I delle NTC/08. Nella struttura in oggetto, si è scelto di impiegare la tipologia:

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di au/α_1 :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano $au/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata $au/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate $au/\alpha_1 = 1,3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale $au/\alpha_1 = 1,0$
- altre strutture a pareti non accoppiate $au/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti $au/\alpha_1 = 1,2$

Considereremo quindi i coefficienti $q_0 = 3,0 * 1,3 = 3,9$

Struttura mista a parete

Inserendo i valori trovati nei paragrafi precedenti, si possono ricavare lo spettro di progetto elastico (SLE) e lo spettro di progetto inelastico (SLU) delle componenti orizzontali.

Per trovare il periodo di vibrazione T_0 dell'edificio, si applica la relazione:

$$T_1 = C_1 H^{3/4}$$

- C_1 è il coefficiente che dipende dal tipo di struttura, per strutture non a telaio in c.a. assume il valore $C_1 = 0.050$,
- H è l'altezza dell'edificio, nel nostro caso pari ad $H = 101.5$ m.

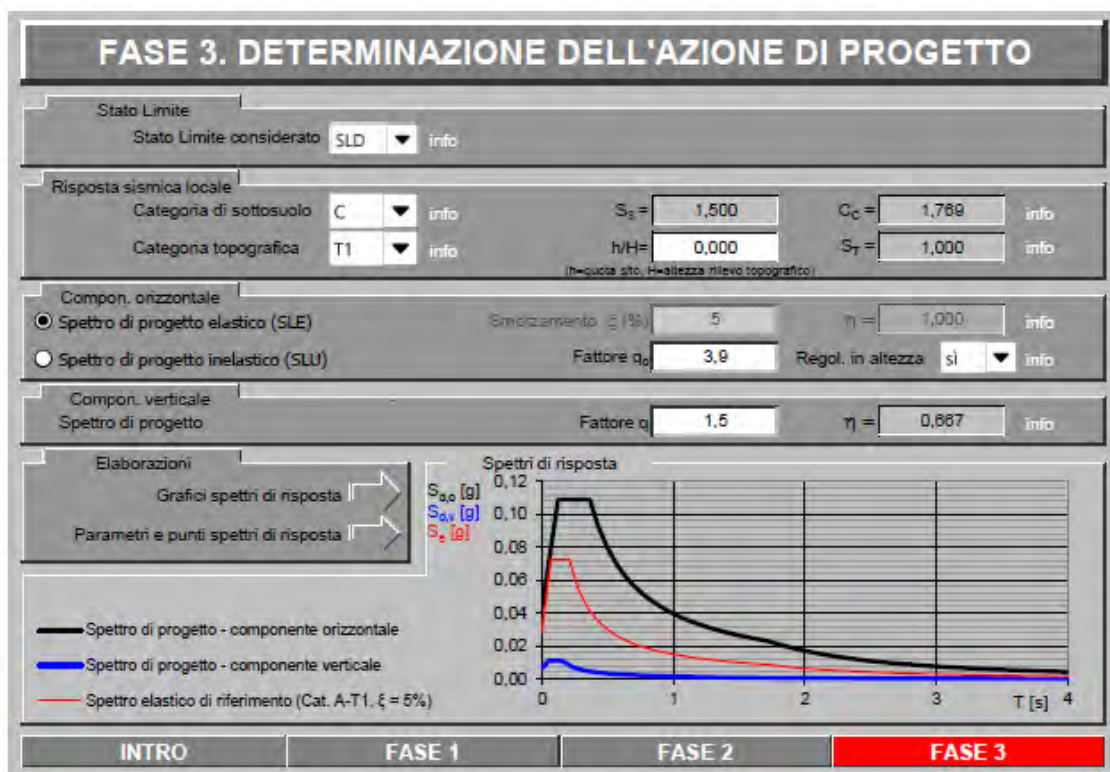
Si ottiene quindi:

$$T_1 = C_1 H^{3/4} = 0.050 * 101.503^{3/4} = 1.59 \text{ s}$$

Si riporta di seguito la schermata del foglio di calcolo che fa riferimento allo Stato Limite di Danno, elencando anche i parametri dipendenti e indipendenti, le espressioni e i punti dello spettro di risposta.

Si ricorda che:

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro,
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro,
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche,
- η è il fattore che altera lo spettro elastico,
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,028 g
F_c	2,571
T_c	0,206 s
S_s	1,500
C_c	1,769
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,000
T_B	0,121 s
T_C	0,364 s
T_D	1,713 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^0 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

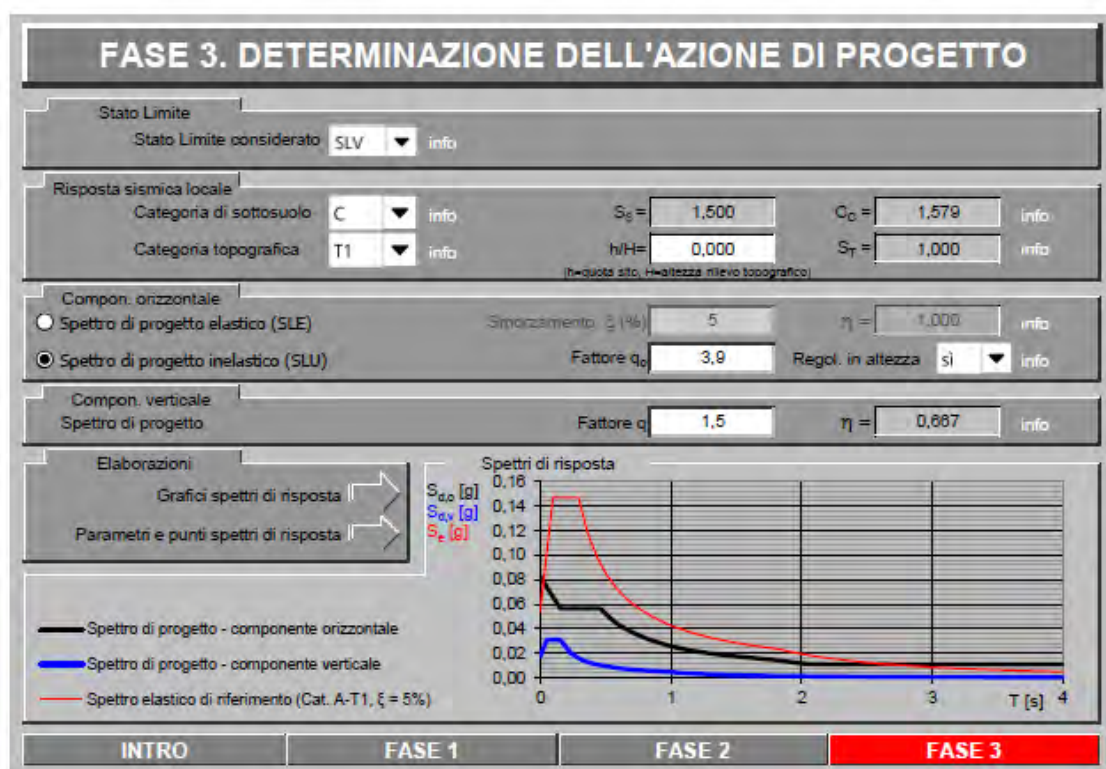
	T [s]	Se [g]
	0,000	0,042
T_B ←	0,121	0,109
T_C ←	0,364	0,109
	0,428	0,093
	0,493	0,080
	0,557	0,071
	0,621	0,064
	0,685	0,058
	0,749	0,053
	0,814	0,049
	0,878	0,045
	0,942	0,042
	1,006	0,039
	1,071	0,037
	1,135	0,035
	1,199	0,033
	1,263	0,031
	1,328	0,030
	1,392	0,028
	1,456	0,027
	1,520	0,026
	1,584	0,025
	1,649	0,024
T_D ←	1,713	0,023
	1,822	0,020
	1,931	0,018
	2,040	0,016
	2,149	0,015
	2,257	0,013
	2,366	0,012
	2,475	0,011
	2,584	0,010
	2,693	0,009
	2,802	0,009
	2,911	0,008
	3,020	0,007
	3,129	0,007
	3,238	0,006
	3,347	0,006
	3,455	0,006
	3,564	0,005
	3,673	0,005
	3,782	0,005
	3,891	0,004
	4,000	0,004

Una volta ottenuto il periodo di vibrazione dell'edificio, è possibile individuare nella tabella dei punti dello spettro di risposta l'azione orizzontale S_d utile per il calcolo della forza orizzontale: essendo $T_0 = 1,59$ s, si ottiene $S_d = 0,025$ g.

Si riporta ora la schermata relativa invece allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, elencando anche questa volta i parametri dipendenti e indipendenti, le espressioni e i punti dello spettro di risposta. Si ricorda ancora una volta che:

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione

- costante,
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro,
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro,
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche,
- η è il fattore che altera lo spettro elastico,
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,055 g
F_o	2,679
T_C	0,291 s
S_S	1,500
C_C	1,579
S_T	1,000
q	3,900

Parametri dipendenti

S	1,500
η	0,256
T_B	0,153 s
T_C	0,459 s
T_D	1,819 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$\begin{array}{l}
 0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right. \\
 T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \right. \\
 T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right. \\
 T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.
 \end{array}$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,082
$T_B \leftarrow$	0,153	0,056
$T_C \leftarrow$	0,459	0,056
	0,524	0,049
	0,588	0,044
	0,653	0,040
	0,718	0,036
	0,783	0,033
	0,847	0,031
	0,912	0,028
	0,977	0,027
	1,042	0,025
	1,107	0,023
	1,171	0,022
	1,236	0,021
	1,301	0,020
	1,366	0,019
	1,431	0,018
	1,495	0,017
	1,560	0,017
	1,625	0,016
	1,690	0,015
	1,754	0,015
$T_D \leftarrow$	1,819	0,014
	1,923	0,013
	2,027	0,011
	2,131	0,011
	2,235	0,011
	2,338	0,011
	2,442	0,011
	2,546	0,011
	2,650	0,011
	2,754	0,011
	2,858	0,011
	2,962	0,011
	3,065	0,011
	3,169	0,011
	3,273	0,011
	3,377	0,011
	3,481	0,011
	3,585	0,011
	3,688	0,011
	3,792	0,011
	3,896	0,011
	4,000	0,011

In questo caso è possibile individuare nella tabella dei punti dello spettro di risposta l'azione orizzontale S_d utile per il calcolo della forza orizzontale: essendo $T_0 = 1,59$ s, si ottiene $S_d = 0,017$ g.

4.4.3. Analisi di calcolo

4.4.3.1. Azioni sulle costruzioni

Caratterizzazione delle azioni elementari

Come definito al paragrafo 2.5.2 “Caratterizzazione delle azioni elementari” delle NTC/18:

“Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Per le azioni ambientali (neve, vento, temperatura) il periodo di ritorno è posto uguale a 50 anni, corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 2% su base annua; per le azioni da traffico sui ponti stradali il periodo di ritorno è convenzionalmente assunto pari a 1000 anni. Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2} , Q_{k3} , ... le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base. Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- valore quasi permanente $\psi_{2j} Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore frequente $\psi_{1j} Q_{kj}$: il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenti una piccola frazione del periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore di combinazione $\psi_{0j} Q_{kj}$: il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.”

Azioni di calcolo

	G1 (kN/m²)	G2 (kN/m²)	q_k (kN/m²)	q_s (kN/m²)
S1 - C.O.02	0	3,32	0,5	1,2
S2 - C.O.03	0	1,01	4	1,2
S3 - P.O.03	0	3,42	2	-
			3	-
			5	-

Riassumendo le azioni di calcolo agenti sulle differenti tipologie di solaio:

Tra le azioni cui è soggetta la struttura, si trascura l'azione di pretensione o precompressione P. Inoltre, non si considerano temporaneamente il carico

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

permanente strutturale G_1 , in quanto non ancora definito, e le azioni orizzontali quali vento e sisma, che verranno trattate in un secondo momento.

4.4.3.2. Combinazioni di calcolo

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_0	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, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

- Stati Limite Ultimi (SLU), Combinazione fondamentale
- Stati Limite di Esercizio (SLE), Combinazione caratteristica (rara)

I valori dei coefficienti di combinazione ψ_0 , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono elencati in Tabella 2.5.I delle NTC/18.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G1} e γ_{Q1} per lo stato limite di resistenza della struttura sono elencati in Tabella 2.6.I delle NTC/08.

Considereremo quindi i coefficienti $\gamma_{G1} = 1.3$, $\gamma_{G2} = 1.5$, $\gamma_{Qi} = 1.5$.

4.4.3.3. Definizione delle configurazioni

Per ogni tipologia di solaio (individuate ed elencate al capitolo 4.1.2 “Azioni di calcolo”) è stata calcolata la combinazione sia allo Stato Limite Ultimo (SLU) che allo Stato Limite di Esercizio (SLE). In particolare, per quanto riguarda i solai di copertura S1 e S2 è stata scelta la combinazione più gravosa, scegliendo come carico variabile predominante alternativamente l’azione della neve ed il carico per affollamento.

S1 - C.O.02 COPERTURA NON PRATICABILE

<u>q_{SLU1}</u>	5,73	kN/m ²	<u>q_{SLE1}</u>	3,82	kN/m ²
<u>q_{SLU2}</u>	6,78	kN/m²	<u>q_{SLE2}</u>	4,52	kN/m²

S2 - C.O.03 COPERTURA PRATICABILE

<u>q_{SLU1}</u>	8,775	kN/m ²	<u>q_{SLE1}</u>	5,85	kN/m ²
<u>q_{SLU2}</u>	7,515	kN/m ²	<u>q_{SLE2}</u>	5,01	kN/m ²

S3.1 - P.O.03 PIANO "TIPO" (piano residenze $q_k=2$)

<u>q_{SLU}</u>	8,13	kN/m ²	<u>q_{SLE}</u>	5,42	kN/m ²
-----------------------------	------	-------------------	-----------------------------	------	-------------------

S3.2 - P.O.03 PIANO "TIPO" (piano uffici / ristoro / bar+coworking+asilo $q_k=3$)

<u>q_{SLU}</u>	9,63	kN/m ²	<u>q_{SLE}</u>	6,42	kN/m ²
-----------------------------	------	-------------------	-----------------------------	------	-------------------

S3.3 - P.O.03 PIANO "TIPO" (piano sala comune+palestra / Sala expo $q_k=5$)

<u>q_{SLU}</u>	12,63	kN/m ²	<u>q_{SLE}</u>	8,42	kN/m ²
-----------------------------	-------	-------------------	-----------------------------	------	-------------------

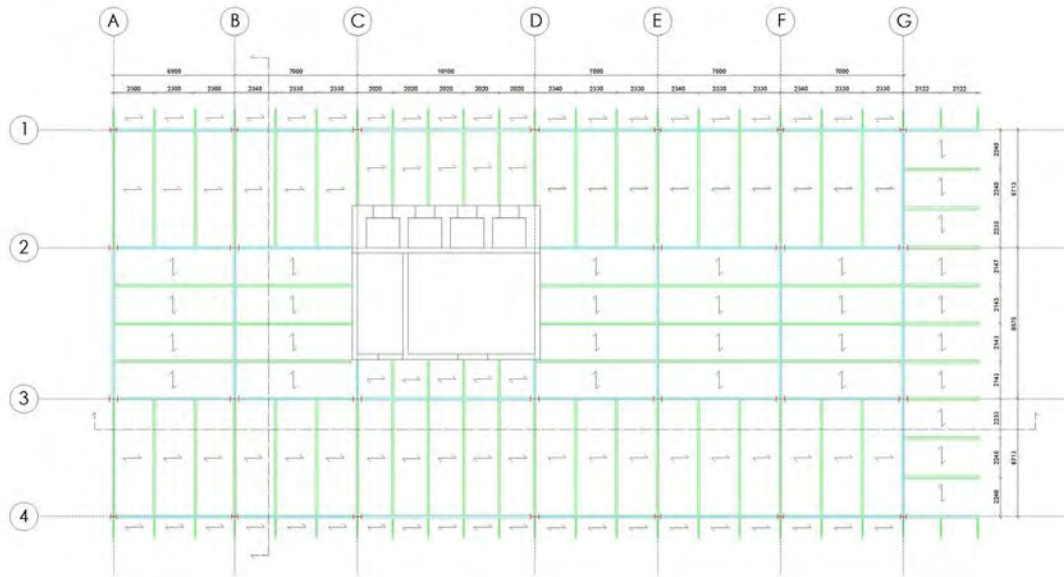
Per chiarezza espositiva, si riportano i calcoli per individuare i carichi agenti agli SLE e agli SLU:

Raccogliendo i risultati ottenuti:

	G2 (kN/m ²)	q_k (kN/m ²)	q_s (kN/m ²)	q_{SLE} (kN/m ²)	q_{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,5	1,2	4,52	6,78
S2 - C.O.03	1,01	4	1,2	5,85	8,78
S3.1 - P.O.03	3,42	2	-	5,42	8,13
S3.2 - P.O.03	3,42	3	-	6,42	9,63
S3.3 - P.O.03	3,42	5	-	8,42	12,63

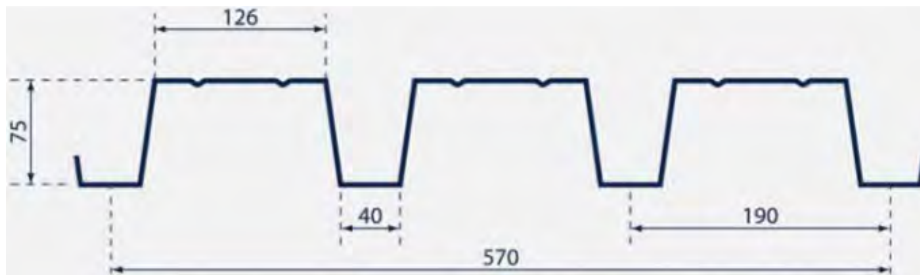
4.4.4. Dimensionamento e verifiche

Sono stati previsti pilastri (di colore rosso nello schema) ad ogni incrocio degli assi strutturali, travi principali (di colore azzurro) in direzione verticale, e travi secondarie (di colore verde) in direzione orizzontale, posizionate ad un interasse variabile l'una dall'altra.



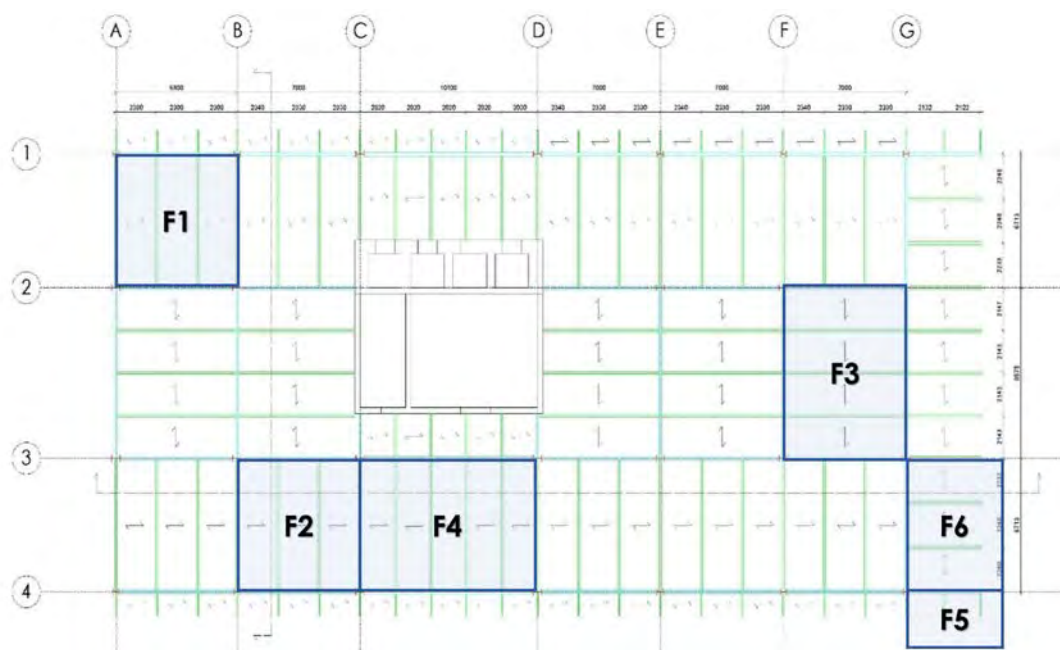
4.4.4.1. Lamiera grecata

Si è scelto di realizzare solai con lamiera grecata a secco; questa è stata dimensionata per ogni tipologia di solaio come da catalogo Fermetal FM 75/570 in acciaio S250 GD.



Avendo gli interassi delle travi secondarie variabili, in base ai differenti carichi q_{SLE} individuati per ogni tipologia di solaio, varierà lo spessore della lamiera in base alla distanza tra gli appoggi.

		Distanza fra gli appoggi in metri																
▲ ▲		1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,50	6,00
spessore mm.	▲ ▲	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² (per trasformare i kN/m ² in kgf/m ² si deve moltiplicare per 102)																
		0,6	7,04	5,17	3,96	3,13	3,13	2,10	1,76	1,50	1,29	1,13	0,99	0,88	0,78	0,70	0,63	0,52
0,7	8,77	6,45	4,94	3,90	3,96	2,61	2,19	1,87	1,61	1,40	1,23	1,09	0,99	0,88	0,79	0,65	0,55	
0,8	10,57	7,77	5,95	4,70	4,87	3,14	2,64	2,25	1,94	1,69	1,49	1,32	1,22	1,05	0,95	0,79	0,66	
1,0	14,25	10,47	8,01	6,33	6,87	4,24	3,56	3,03	2,62	2,28	2,00	1,77	1,72	1,42	1,28	1,06	0,89	
1,2	17,87	13,13	10,05	7,94	9,07	5,32	4,47	3,81	3,28	2,86	2,51	2,23	2,27	1,78	1,61	1,33	1,12	
										2,68	2,21	1,84	1,24	1,32	1,13	0,85	0,65	



Sull'intero piano, considerando le differenti tipologie di telaio precedentemente indicate, si possono individuare sei tipologie differenti, come indicate in pianta. Essendo difficile calcolare l'effettiva rigidezza ed efficacia della lamiera grecata a secco, sono stati aggiunti tiranti in acciaio tra travi principali e secondarie, in modo da garantire la controventatura di piano. Gli spessori e pesi delle lamiere grecate sono stati selezionati in base alla tipologia solaio.

4.4.4.2. Caratteristiche generali

Caratteristiche dell'acciaio

Come si precisa al paragrafo 11.3.4 "Acciai per strutture metalliche e per strutture composte" delle NTC/18:

"Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- Modulo elastico $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)]$
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$
- Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti."

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Considereremo quindi $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ e $f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$.

Classificazione delle sezioni IPE

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_σ definita come:

$$C_\sigma = \sigma_r / \sigma_y - 1$$

σ_r e σ_y sono le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

Al paragrafo 4.2.3.1 “Classificazione delle sezioni” delle NTC/08 si definisce che: “Si distinguono le seguenti classi di sezioni:

- Classe 1, quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l’analisi strutturale condotta con il metodo plastico senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\sigma \geq 3$;
- Classe 2, quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\sigma \geq 1.5$;
- Classe 3, quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l’instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- Classe 4, quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell’instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Le sezioni di Classe 1 e 2 si definiscono compatte, quelle di Classe 3 moderatamente snelle e quelle di Classe 4 snelle.”

Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le Tabelle 4.2.I, 4.2.II e 4.2.III delle NTC/18 forniscono indicazioni per la

classificazione delle sezioni. Sono necessarie due verifiche distinte per le ali e per l'anima, allo scopo di determinare la classe del profilo.

Tabella 4.2.I - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0.5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0.5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0.5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0.5$: $c/t \leq \frac{41.5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0.67 + 0.33\psi}$ quando $\psi \leq -1$: $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
ϵ		1.00	0.92	0.81	0.75	0.71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Considerando un profilo IPE180 in acciaio S275, dalle proprietà del materiale citate in precedenza e da profilario ArcelorMittal allegato, si ottengono i valori: $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$, $c = 146 \text{ mm}$ e $t = 5.3 \text{ mm}$. Dalla tabella soprastante si ricava quindi un valore $\epsilon = 0.92$.

Il rapporto c/t dell'anima soggetta a flessione vale:

$$c/t = 146 / 5.3 = 27.55$$

Tabella 4.2.II - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione	Con estremità in trazione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21k_s\sqrt{k_s}$ Per k_s vedere EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
ϵ		1.00	0.92	0.81	0.75	0.71

Questo significa che $c/t \leq 72 \varepsilon$: l'anima della sezione si trova in Classe 1.

Per quanto riguarda invece la piattabanda, da profilario ArcelorMittal allegato si ottengono i valori: $c = 59.2$ mm e $t = 8$ mm.

Il rapporto c/t della piattabanda soggetta a flessione vale:

$$c / t = 59.2 / 8 = 7.40$$

Questo significa che $c/t \leq 9 \varepsilon$: la piattabanda della sezione si trova in Classe 1.

Ricordando che la classe di una sezione corrisponde al valore di classe più alto tra quelli dei suoi elementi componenti, si può concludere che la membratura scelta per la trave (IPE180) risulta essere di Classe 1.

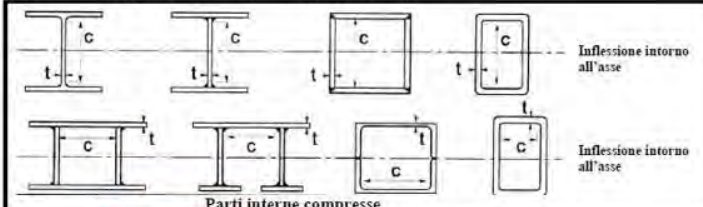
Lo stesso procedimento si può applicare per determinare la Classe di qualunque profilo IPE soggetto a flessione; riassumendo i risultati ottenuti:

		t (mm)	c (mm)	c/t	Classe
IPE160	Anima	5.00	127.20	25.44	1
	Piattabanda	7.40	25.85	3.49	
IPE180	Anima	5.30	146.00	27.55	1
	Piattabanda	8.00	29.60	3.70	
IPE200	Anima	5.60	159.00	28.39	1
	Piattabanda	8.50	31.65	3.72	
IPE220	Anima	5.90	177.60	30.10	1
	Piattabanda	9.20	35.80	3.89	
IPE240	Anima	6.20	190.40	30.71	1
	Piattabanda	9.80	38.30	3.91	
IPE270	Anima	6.60	219.60	33.27	1
	Piattabanda	10.20	45.20	4.43	
IPE300	Anima	7.10	248.60	35.01	1
	Piattabanda	10.70	51.95	4.86	
IPE330	Anima	7.50	271.00	36.13	1
	Piattabanda	11.50	54.20	4.71	
IPE360	Anima	8.00	298.60	37.33	1
	Piattabanda	12.70	57.75	4.55	
IPE400	Anima	8.60	331.00	38.49	1
	Piattabanda	13.50	59.90	4.44	
IPE450	Anima	9.40	378.80	40.30	1
	Piattabanda	14.60	63.40	4.34	
IPE500	Anima	10.20	426.00	41.76	1
	Piattabanda	16.00	66.60	4.16	

Classificazione delle sezioni HEB

Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le Tabelle 4.2.I, 4.2.II e 4.2.III delle NTC/18 forniscono indicazioni per la classificazione delle sezioni. Sono necessarie due verifiche distinte per le ali e per l'anima, allo scopo di determinare la classe del profilo.

Tabella 4.2.I - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse



Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha) 0,5 \cdot c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 \cdot c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha) 0,5 \cdot c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 \cdot c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi) -1 \cdot c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,53\psi}$ quando $\psi \leq -1 \cdot c/t \leq 63\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
ϵ		1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

^{*)} $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y \geq f_{yk} / E$

Considerando un profilo HE180B in acciaio S275, dalle proprietà del materiale citate in precedenza e da profilario ArcelorMittal allegato, si ottengono i valori: $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$, $c = 122 \text{ mm}$ e $t = 6 \text{ mm}$. Dalla tabella soprastante si ricava quindi un valore $\epsilon = 0.92$.

Il rapporto c/t dell'anima soggetta a flessione vale:

$$c / t = 122 / 6 = 20.33$$

Questo significa che $c/t \leq 72 \epsilon$: l'anima della sezione si trova in Classe 1

Per quanto riguarda invece la piattabanda, da profilario ArcelorMittal allegato si ottengono i valori: $c = 68.7 \text{ mm}$ e $t = 9.5 \text{ mm}$.

Il rapporto c/t della piattabanda soggetta a flessione vale:

$$c / t = 68.7 / 9.5 = 7.23$$

Questo significa che $c/t \leq 9 \epsilon$: la piattabanda della sezione si trova in Classe 1.

Ricordando che la classe di una sezione corrisponde al valore di classe più alto tra quelli dei suoi elementi componenti, si può concludere che la membratura scelta per la trave (HE180B) risulta essere di Classe 1.

Lo stesso procedimento si può applicare per determinare la Classe di qualunque profilo HE soggetto a flessione.

4.4.4.3. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F1

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2,30 m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,5 m.

TRAVI SECONDARIE

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,50	1,20	4,52	6,78

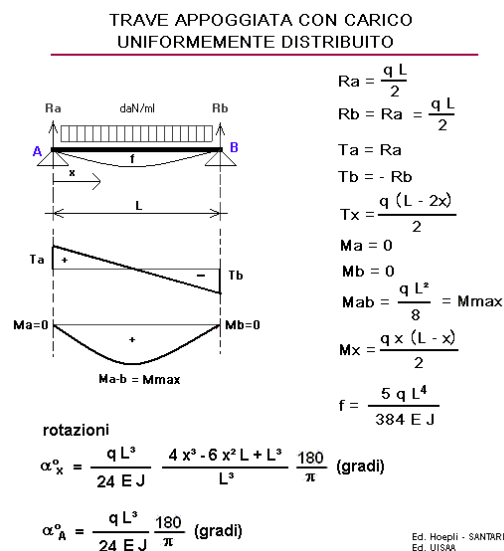
Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

d	2,30 m	Interasse tra travi secondarie
P_{max}	4,87 kN/m ²	Carico massimo sopportato
f	6,30 mm	f _{max} 11,50 mm
G1	11,02 kg/m ²	
	0,108 kN/m ²	

q_{SLE}	4,63 kN/m ²	q_{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS1 con area di influenza pari a 6,71 m per 2,30 m.



Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,30$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS1	6,71	2,30	10,64	15,84

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$\begin{aligned} V_A + V_B - qL &= 0 & V_A &= qL/2 \\ V_B * L - qL^2/2 &= 0 & V_B &= qL/2 \end{aligned}$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$\begin{aligned} V_{ASLE} = V_{BSLE} &= 35,71 \text{ kN} \\ V_{ASLU} = V_{BSLU} &= 53,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzeria della trave, pari a:

$$f_{\max} = 5/384 * qL^4/EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 3987,9 * 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE270 con momento di inerzia pari a $5790 * 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzeria ed è pari a: $M = qL^2/8 = 89,16 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 340,44 * 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE270 con modulo di resistenza pari a $429 * 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE270.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 53,15 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 4590 \text{ mm}^2$$

$$b = 165 \text{ mm}$$

$$r = 15,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,6 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 * 2209,32 / (\sqrt{3} * 1.05 * 1000) = 334,07 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE270 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE270, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	36,1 kg/m
	0,354 kN/m

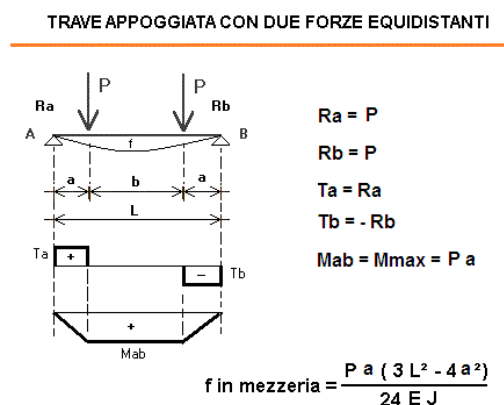
q_{SLE}	11,00	kN/m	q_{SLU}	16,20	kN/m
R_{SLE}	36,90	kN	R_{SLU}	54,34	kN
			M_{ed}	91,15	kNm
I_z	4120,54	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	348,04	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

La trave secondaria TS1 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE270.

TRAVE PRINCIPALE

Tutte le travi principali sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico concentrato cui sono sottoposte, derivanti dalle travi secondarie precedentemente dimensionate; si considerano quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici), ricordando che anche i giunti bullonati e saldati sono stati considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi principali sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad uno o più carichi concentrati, in base alla tipologia di solaio calcolata, che tiene conto della reazione all'appoggio della trave secondaria. Nel caso seguente, tipologia S1, lo schema statico sarà il seguente:



È stata dimensionata la trave primaria TP1 con area di influenza pari a 6,90 m per 2,30 m.

	L (m)	i (m)	P_{SLE} (kN)	P_{SLU} (kN)
TP1	6,90	2,30	36,90*2	54,34*2

Il metodo di risoluzioni per le reazioni vincolari è mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e alla rotazione rispetto al punto A, ottenendo:

$$V_{ASLE} = 36,90 \text{ kN}$$

$$V_{BSLE} = 36,90 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 54,34 \text{ kN}$$

$$V_{BSLU} = 54,34 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. La freccia massima sarà nella mezzzeria della trave con un valore pari a:

$$f_c = f_{\max} = (P(L/3) \cdot (3L^2 - 4(L/3)^2) / 24EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ Mpa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione: $I \geq 5938,69 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE300 con momento di inerzia pari a $8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso in oggetto, il momento massimo è pari a: $M = 124,98 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 477,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE300 con modulo di resistenza pari a $557 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 54,34 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 6260 \text{ mm}^2$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$r = 18,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 3080,25 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 3080,25 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 465,77 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE300 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessio-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessio-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$\chi_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE300, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	42,2 kg/m
	0,414 kN/m

R1_{SLE}	36,90	kN	R1_{SLU}	54,34	kN
R2_{SLE}	36,90	kN	R2_{SLU}	54,34	kN
q	0,414	kN/m	q	0,414	kN/m
V*_{SLE}	38,33	kN	V*_{SLU}	55,77	kN
			M_{ed}	124,98	<u>kNm</u>
I_z	5938,69	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	477,20	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

La trave principale TP1 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE300.

4.4.4.4. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F2

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,50	1,20	4,52	6,78

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2,30 m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,5 m.

d	2,33 m	Interasse tra travi secondarie
P_{max}	4,87 kN/m ²	
f	6,30 mm	f_{max} 11,65 mm
G1	11,02 kg/m ²	
	0,108 kN/m ²	

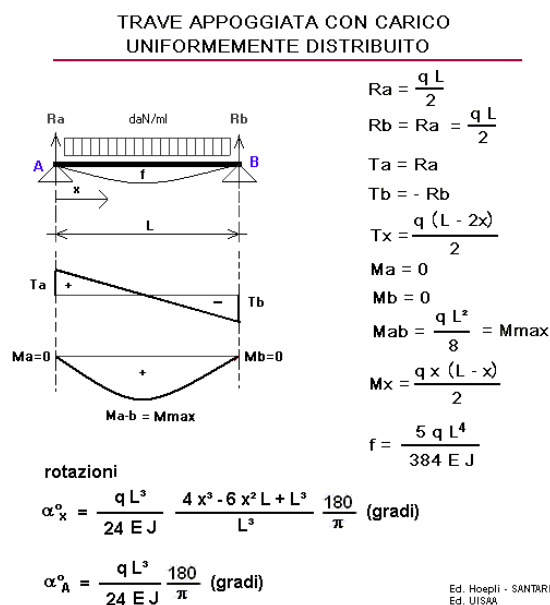
q_{SLE}	4,63 kN/m ²	q_{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

TRAVI SECONDARIE

Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS2 con area di influenza pari a 6,71 m per 2,33 m.



Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,33$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS2	6,71	2,33	10,78	16,05

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$V_A + V_B - qL = 0$$

$$V_A = qL/2$$

$$V_B * L - qL^2/2 = 0$$

$$V_B = qL/2$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$V_{ASLE} = V_{BSLE} = 36,18 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = V_{BSLU} = 53,85 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzera della trave, pari a:

$$f_{\max} = 5/384 * qL^4/EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 4039,9 * 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE270 con momento di inerzia pari a $5790 * 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verifica agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzera ed è pari a: $M = qL^2/8 = 90,33 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 344,88 * 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE270 con modulo di resistenza pari a $429 * 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE270.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 53,85 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 4590 \text{ mm}^2$$

$$b = 165 \text{ mm}$$

$$r = 15,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,6 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 * 2209,32 / (\sqrt{3} * 1.05 * 1000) = 334,07 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE270 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessio-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessio-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE270, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	36,1 kg/m
	0,354 kN/m

q_{SLE}	11,14	kN/m	q_{SLU}	16,40	kN/m
R_{SLE}	37,37	kN	R_{SLU}	55,03	kN
			M_{ed}	92,32	KNm
I_z	4172,55	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	352,49	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

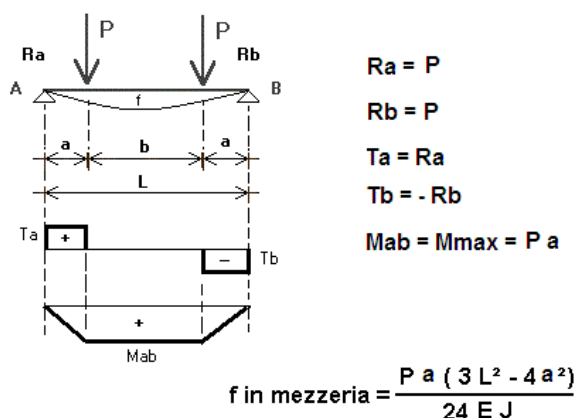
La trave secondaria TS2 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE270.

TRAVE PRINCIPALE

Tutte le travi principali sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico concentrato cui sono sottoposte, derivanti dalle travi secondarie precedentemente dimensionate; si considerano quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici), ricordando che anche i giunti bullonati e saldati sono stati considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi principali sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad uno o più carichi concentrati, in base alla tipologia di solaio calcolata, che tiene conto della reazione all'appoggio della trave secondaria. Nel caso seguente, tipologia S1, lo schema statico sarà il seguente:

TRAVE APPOGGIATA CON DUE FORZE EQUIDISTANTI



È stata dimensionata la trave primaria TP2 con area di influenza pari a 6,90 m per 2,30 m.

	L (m)	i (m)	P_{SLE} (kN)	P_{SLU} (kN)
TP2	7,00	2,33	37,37*2	55,03*2

Il metodo di risoluzioni per le reazioni vincolari è mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e alla rotazione rispetto al punto A, ottenendo:

$$V_{ASLE} = 37,37 \text{ kN}$$

$$V_{BSLE} = 37,37 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 55,03 \text{ kN}$$

$$V_{BSLU} = 55,03 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. La freccia massima sarà nella mezzzeria della trave con un valore pari a:

$$f_c = f_{max} = (P(L/3) \cdot (3L^2 - 4(L/3)^2) / 24EI) \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ Mpa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione: $I \geq 6189,23 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE300 con momento di inerzia pari a $8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso in oggetto, il momento massimo è pari a: $M = 128,41 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{min} = M_{Ed} / f_{yd} = 490,29 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE300 con modulo di resistenza pari a $557 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 55,03 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 6260 \text{ mm}^2$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$r = 18,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 11,5 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 3080,25 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 3080,25 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 465,77 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE300 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di

profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$\chi_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE300, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	42.2 kq/m
	0.414 kN/m

R1_{SLE}	37,37	kN	R1_{SLU}	55,03	kN
R2_{SLE}	37,37	kN	R2_{SLU}	55,03	kN
q	0,414	kN/m	q	0,414	kN/m
V*_{SLE}	38,81	kN	V*_{SLU}	56,48	kN
			M_{ed}	128,41	KNm
I_z	6189,23	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	490,29	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

La trave principale TP2 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE300.

4.4.4.5. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F3

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3.32	0.50	1.20	4.52	6.78

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2,14 m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,25 m.

d	2,14 m	Interasse tra travi secondarie	
P_{max}	4,70 kN/m ²	Carico massimo sopportato	
f	6,30 mm	f_{max}	10,70 mm
G1	11,02 kg/m ²		
	0,108 kN/m ²		

q_{SLE}	4,63 kN/m ²	q_{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

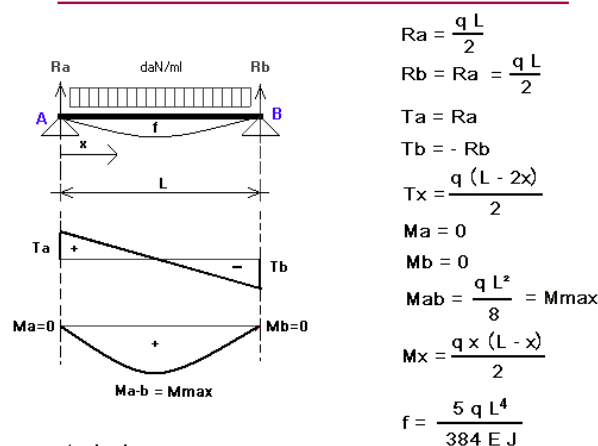
TRAVI SECONDARIE

Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS3 con area di influenza pari a 7 m per 2,14 m.

TRAVE APPOGGIATA CON CARICO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO



rotazioni

$$\alpha_x^\circ = \frac{qL^3}{24EJ} \frac{4x^3 - 6x^2L + L^3}{L^3} \frac{180}{\pi} \text{ (gradi)}$$

$$\alpha_A^\circ = \frac{qL^3}{24EJ} \frac{180}{\pi} \text{ (gradi)}$$

Ed. Hoepli - SANTARELLA
Ed. UISAR

Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,14$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS3	7,00	2,14	9,90	14,74

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$V_A + V_B - qL = 0$$

$$V_A = qL/2$$

$$V_B * L - qL^2/2 = 0$$

$$V_B = qL/2$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$V_{ASLE} = V_{BSLE} = 34,66 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = V_{BSLU} = 51,59 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzeria della trave, pari a:

$$f_{\max} = 5/384 * qL^4/EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 4212,7 * 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE270 con momento di inerzia pari a $5790 * 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verifica agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzeria ed è pari a: $M = qL^2/8 = 90,29 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 344,73 * 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE270 con modulo di resistenza pari a $429 * 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE270.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 51,59 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 4590 \text{ mm}^2$$

$$b = 165 \text{ mm}$$

$$r = 15,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,6 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 * 2209,32 / (\sqrt{3} * 1.05 * 1000) = 334,07 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE270 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessio-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessio-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE270, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	36.1 kq/m
	0.354 kN/m

q_{SLE}	10,26 kN/m	q_{SLU}	15,09 kN/m
R_{SLE}	35,90 kN	R_{SLU}	52,83 kN
		M_{ed}	92,45 kNm
I_z	4363,25 X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	353,01 x10 ³ mm ³
VERIFICATA		VERIFICATA	

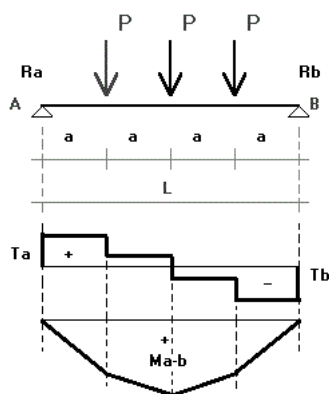
La trave secondaria TS3 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE270.

TRAVE PRINCIPALE

Tutte le travi principali sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico concentrato cui sono sottoposte, derivanti dalle travi secondarie precedentemente dimensionate; si considerano quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici), ricordando che anche i giunti bullonati e saldati sono stati considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi principali sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad uno o più carichi concentrati, in base alla tipologia di solaio calcolata, che tiene conto della reazione all'appoggio della trave secondaria. Nel caso seguente, tipologia S1, lo schema statico sarà il seguente:

TRAVE APOGGIATA CON TRE FORZE EQUIDISTANTI



$$R_a = R_b = 1.50 P$$

$$T_a = R_a$$

$$T_b = -R_b$$

$$M_{max} = 0.50 P L$$

$$f = \frac{19 P L^3}{384 E J}$$

È stata dimensionata la trave primaria TP3 con area di influenza pari a 8,57 m per 2,14 m.

	L (m)	i (m)	P_{SLE} (kN)	P_{SLU} (kN)
TP3	8,57	2,14	35,90*3	52,83*3

Il metodo di risoluzioni per le reazioni vincolari è mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e alla rotazione rispetto al punto A, ottenendo:

$$V_{ASLE} = 37,37 \text{ kN}$$

$$V_{BSLE} = 37,37 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 55,03 \text{ kN}$$

$$V_{BSLU} = 55,03 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. La freccia massima sarà nella mezzeria della trave con un valore pari a:

$$f_c = f_{max} = (19PL^3/384EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ Mpa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione: $I \geq 12425,94 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE360 con momento di inerzia pari a $16270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso in oggetto, il momento massimo è pari a: $M = 226,38 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{min} = M_{Ed} / f_{yd} = 846,36 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE360 con modulo di resistenza pari a $904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 79,25 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 7270 \text{ mm}^2$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

$$r = 18,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,0 \text{ mm}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 3510 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 3080,25 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 530,87 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE360 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE360, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	49.1 kq/m
	0.482 kN/m

R1_{SLE}	35,90	kN	R1_{SLU}	52,83	kN
R2_{SLE}	35,90	kN	R2_{SLU}	52,83	kN
R3_{SLE}	35,90	kN	R3_{SLU}	52,83	kN
q	0,482	kN/m	q	0,482	kN/m
V*_{SLE}	55,92	kN	V*_{SLU}	81,31	kN
			M_{ed}	113,19	KNm
I_z	12425.94	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	432.18	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

La trave principale TP3 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE360.

4.4.4.6. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F4

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,50	1,20	4,52	6,78

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2, m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,25 m.

d	2,02 m	Interasse tra travi secondarie
P _{max}	4,70 kN/m ²	Carico massimo sopportato
f	6,30 mm	f _{max} 10,10 mm
G1	11,02 kg/m ²	
	0,108 kN/m ²	

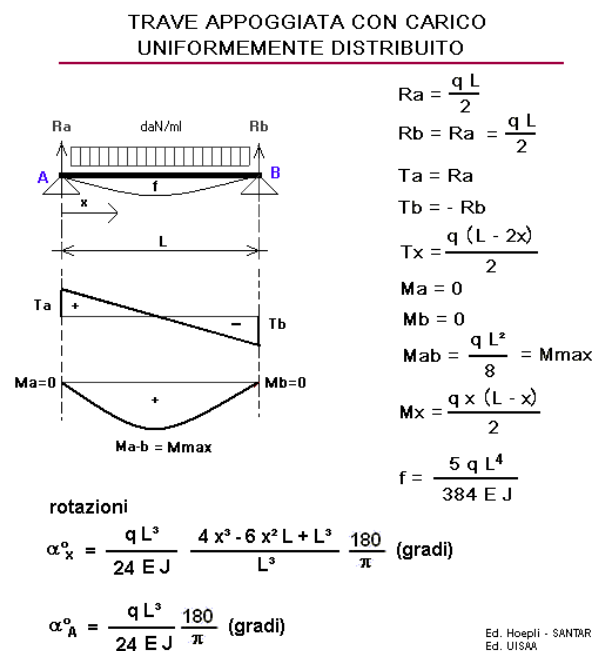
q _{SLE}	4,63 kN/m ²	q _{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------	------------------------	------------------	------------------------

TRAVI SECONDARIE

Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS4 con area di influenza pari a 6,71 m per 2,02 m.



Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,02$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS4	6,71	2,02	9,35	13,91

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$\begin{aligned} V_A + V_B - qL &= 0 & V_A &= qL/2 \\ V_B * L - qL^2/2 &= 0 & V_B &= qL/2 \end{aligned}$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$V_{ASLE} = V_{BSLE} = 31,36 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = V_{BSLU} = 46,68 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzeria della trave, pari a:

$$f_{\max} = 5/384 * qL^4/EI \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 3502,4 * 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE270 con momento di inerzia pari a $5790 * 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verifica agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzeria ed è pari a: $M = qL^2/8 = 78,31 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 298,99 * 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE270 con modulo di resistenza pari a $429 * 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE270.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 46,68 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 4590 \text{ mm}^2$$

$$b = 165 \text{ mm}$$

$$r = 15,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,2 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,6 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 * 2209,32 / (\sqrt{3} * 1.05 * 1000) = 334,07 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE270 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessio-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessio-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessio-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2)}]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE270, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	36,1 kq/m
	0,354 kN/m

q_{SLE}	9,70	kN/m	q_{SLU}	14,27	kN/m
R_{SLE}	32,55	kN	R_{SLU}	47,87	kN
			M_{ed}	80,30	KNm
I_z	3635,05	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	306,60	x10 ³ mm ³

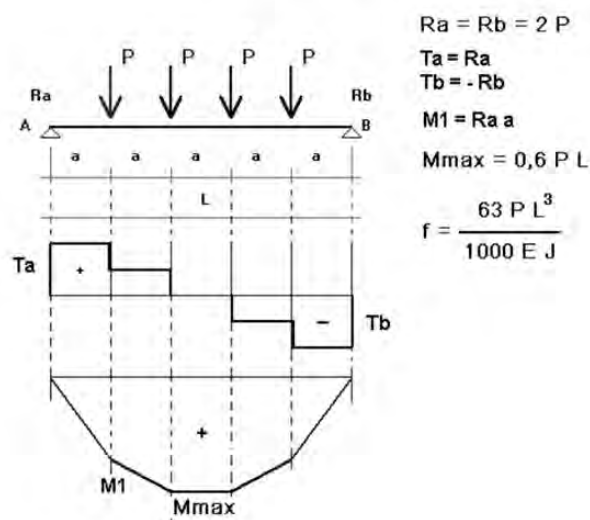
La trave secondaria TS4 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE270.

TRAVE PRINCIPALE

Tutte le travi principali sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico concentrato cui sono sottoposte, derivanti dalle travi secondarie precedentemente dimensionate; si considerano quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici), ricordando che anche i giunti bullonati e saldati sono stati considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi principali sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad uno o più carichi concentrati, in base alla tipologia di solaio calcolata, che tiene conto della reazione all'appoggio della trave secondaria. Nel caso seguente, tipologia S1, lo schema statico sarà il seguente:

TRAVE APPOGGIATA CON 4 FORZE UGUALI ED EQUIDISTANTI



È stata dimensionata la trave primaria TP4 con area di influenza pari a 10,10 m per 2,02 m.

	L (m)	i (m)	P_{SLE} (kN)	P_{SLU} (kN)
TP4	10,10	2,02	32,55*4	47,87*4

Il metodo di risoluzioni per le reazioni vincolari è mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e alla rotazione rispetto al punto A, ottenendo:

$$V_{ASLE} = 65,11 \text{ kN}$$

$$V_{BSLE} = 65,11 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 95,74 \text{ kN}$$

$$V_{BSLU} = 95,74 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/200$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. La freccia massima sarà nella mezzzeria della trave con un valore pari a:

$$f_C = f_{\max} = \frac{63PL^3}{1000EI} \leq L/200 \quad \text{con } E = 210000 \text{ Mpa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione: $I \geq 19924,16 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE400 con momento di inerzia pari a $23130 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso in oggetto, il momento massimo è pari a: $M = 290,09 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 1107,60 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE400 con modulo di resistenza pari a $1160 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 95,74 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 8450 \text{ mm}^2$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$r = 21,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 13,5 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,6 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 4273,1 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 3080,25 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 646,14 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE400 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2})]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE400, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	66.3 kq/m
	0.650 kN/m

R1_{SLE}	32,55 kN	R1_{SLU}	47,87 kN
R2_{SLE}	32,55 kN	R2_{SLU}	47,87 kN
R3_{SLE}	32,55 kN	R3_{SLU}	47,87 kN
R4_{SLE}	32,55 kN	R4_{SLU}	47,87 kN
q	0,650 kN/m	q	0,650 kN/m
V[*]_{SLE}	68,39 kN	V[*]_{SLU}	99,02 kN
		M_{ed}	290,09 KNm
I_z	19924,16 X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	1107,60 x10 ³ mm ³
VERIFICATA		VERIFICATA	

La trave principale TP4 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE400.

4.4.4.7. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F5

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,50	1,20	4,52	6,78

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2,33, m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,50 m.

d	2,33 m	Interasse tra travi secondarie	
P _{max}	4,87 kN/m ²	Carico massimo sopportato	
f	6,30 mm	f _{max}	11,65 mm
G1	11,02 kg/m ²		
	0,108 kN/m ²		

q _{SLE}	4,63 kN/m ²	q _{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------	------------------------	------------------	------------------------

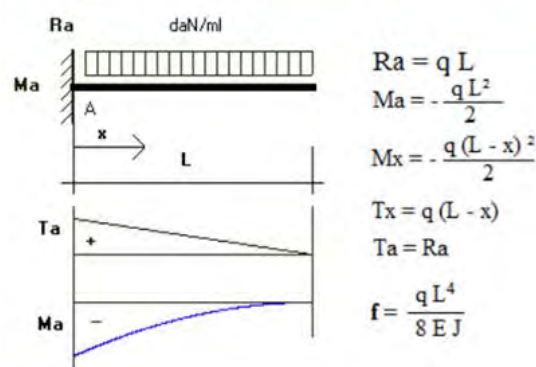
TRAVI SECONDARIE

Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS5 con area di influenza pari a 1,5 m per 2,33 m.

TRAVE A MENSOLA CON CARICO DISTRIBUITO



Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,33$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS5	1,5	2,33	10,78	16,05

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$V_A - qL = 0 \qquad V_A = qL$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$V_{ASLE} = 16,18 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 24,07 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/250$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzzeria della trave, pari a:

$$f_{\max} = qL^4/8EI \leq L/250 \qquad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 541,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE180 con momento di inerzia pari a $1317 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzzeria ed è pari a: $M = qL^2/8 = 18,06 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 68,94 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE180 con modulo di resistenza pari a $146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE180.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 24,07 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 2390 \text{ mm}^2$$

$$b = 95 \text{ mm}$$

$$r = 9,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 8,0 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,3 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 1120,4 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 2209,32 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 169,42 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE180 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2})]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE180, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	18,8 kq/m
	0,184 kN/m

q_{SLE}	10,97 kN/m	q_{SLU}	16,23 kN/m
R_{SLE}	16,45 kN	R_{SLU}	24,35 kN
		M_{ed}	4,51 KNm
I_z	56,41 X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	17,23 x10 ³ mm ³
VERIFICATA		VERIFICATA	

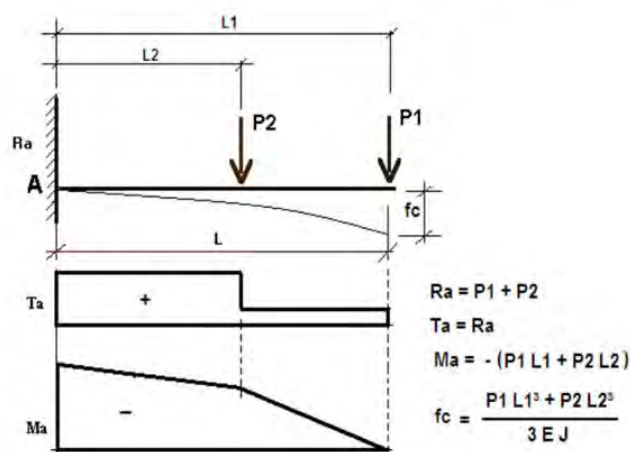
La trave secondaria TS5 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE180.

TRAVE PRINCIPALE

Tutte le travi principali sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico concentrato cui sono sottoposte, derivanti dalle travi secondarie precedentemente dimensionate; si considerano quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici), ricordando che anche i giunti bullonati e saldati sono stati considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi principali sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad uno o più carichi concentrati, in base alla tipologia di solaio calcolata, che tiene conto della reazione all'appoggio della trave secondaria. Nel caso seguente, tipologia S1, lo schema statico sarà il seguente:

MENSOLA CON DUE FORZE CONCENTRATE



È stata dimensionata la trave primaria TP5 con area di influenza pari a 4,60 m per 2,33 m.

	L (m)	i (m)	P _{SLE} (kN)	P _{SLU} (kN)
TP5	4,6	2,33	16,45*2	24,35*2

Il metodo di risoluzioni per le reazioni vincolari è mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e alla rotazione rispetto al punto A, ottenendo:

$$V_{ASLE} = 32,90 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 48,70 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/250$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. La freccia massima sarà nella mezzeria della trave con un valore pari a:

$$f_c = f_{max} = (p_1(L)^3 + p_2(L/2)^3) / 3EI \leq L/250 \quad \text{con } E = 210000 \text{ Mpa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione: $I \geq 15540,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$,

corrispondente ad un profilo IPE360 con momento di inerzia pari a $16270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verificata agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso in oggetto, il momento massimo è pari a: $M = 113,25 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{min} = M_{Ed} / f_{yd} = 433,43 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE360 con modulo di resistenza pari a $904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 95,74 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 7270 \text{ mm}^2$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

$$r = 18,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,0 \text{ mm}$$

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 3510 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 3080,25 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 530,87 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE360 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2})]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0,8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,
 M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE360, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	57.1 kq/m
	0.560 kN/m

R1_{SLE}	16,45	kN	R1_{SLU}	24,35	kN
R2_{SLE}	16,45	kN	R2_{SLU}	24,35	kN
q_{SLE}	0,56	kN/m	q_{SLU}	0,56	kN/m
V1_{SLE}	35,48	kN	V1_{SLU}	51,28	kN
			M_{ed}	168,02	KNm
I_z	15540,93	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	641,52	x10 ³ mm ³
VERIFICATA			VERIFICATA		

La trave principale TP5 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE360.

4.4.4.8. Dimensionamento travi secondarie-primarie: S1-C.O.02: tipologia F6

Il procedimento che segue andrà ad analizzare le varie tipologie di solaio, sopra illustrate, per il solaio S1-C.O.02.

	G2 (kN/m ²)	q _k (kN/m ²)	q _s (kN/m ²)	q _{SLE} (kN/m ²)	q _{SLU} (kN/m ²)
S1 - C.O.02	3,32	0,50	1,20	4,52	6,78

LAMIERA GRECATA

Scelgo, però, di avere un appoggio ogni 2,24 m per suddividere il passo strutturale, con uno spessore di 0,8 mm. Si considera la lamiera con distanza d'appoggio di 2,25 m.

d	2,24 m	Interasse tra travi secondarie	
P_{max}	4,70 kN/m ²		Carico massimo sopportato
f	6,30 mm	f_{max}	11,20 mm
G1	11,02 kg/m ²		
	0,108 kN/m ²		

q_{SLE}	4,63 kN/m ²	q_{SLU}	6,89 kN/m ²
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

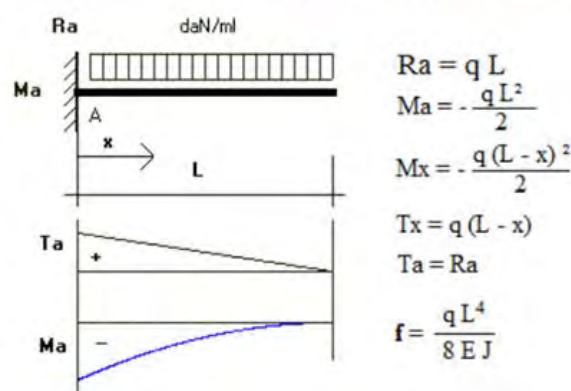
TRAVI SECONDARIE

Tutte le travi secondarie sono state schematizzate con vincoli di semplice appoggio e sollecitate dal carico distribuito cui sono sottoposte, considerando quindi travi collegate tra loro per mezzo di cerniere (sistemi isostatici); di conseguenza, i giunti bullonati e saldati sono stati anch'essi considerati come cerniere.

Come anticipato, le travi secondarie sono ad ogni piano vincolate mediante appoggi e sottoposte ad un carico distribuito che tiene conto dei carichi permanenti strutturali, non strutturali e dei carichi variabili.

È stata dimensionata la trave secondaria TS6 con area di influenza pari a 4,6 m per 2,24 m.

TRAVE A MENSOLA CON CARICO DISTRIBUITO



Moltiplicando i carichi agenti, riassunti nella tabella precedente, per l'interasse delle travi secondarie, pari a $i = 2,24$ m, si ottengono i carichi da distribuire linearmente sulla trave.

	L (m)	i (m)	q _{SLE} (kN/m)	q _{SLU} (kN/m)
TS5	4,6	2,24	10,37	15,43

Le reazioni vincolari sono state calcolate mediante l'equilibrio alla traslazione verticale e al momento rispetto al punto A.

$$V_A - qL = 0 \qquad V_A = qL$$

Raccogliendo i risultati ottenuti:

$$V_{ASLE} = 47,69 \text{ kN}$$

$$V_{ASLU} = 70,97 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite di Esercizio

La trave è stata quindi verificata agli Stati Limite di Esercizio, imponendo un abbassamento massimo pari a $L/250$. È possibile individuare in questo modo un momento di inerzia minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto. Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, la freccia massima corrisponde all'abbassamento in corrispondenza della mezzeria della trave, pari a:

$$f_{\max} = qL^4/8EI \leq L/250 \qquad \text{con } E = 210000 \text{ MPa}$$

Invertendo la formula, si individua la condizione:

$I \geq 1501,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, corrispondente ad un profilo IPE360 con momento di inerzia pari a $16270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

Verifica agli Stati Limite Ultimi

È stata poi effettuata la verifica agli Stati Limite Ultimi, calcolando il momento massimo cui è sottoposta la trave e individuando di conseguenza il modulo di resistenza minimo, che consente la scelta del profilo di trave più adatto.

Nel caso di carico uniformemente distribuito sulla trave, il momento massimo si trova in mezzeria ed è pari a: $M = qL^2/8 = 163,24 \text{ kNm}$.

Avendo scelto di utilizzare travi in acciaio S275:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m0} = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

Di conseguenza, $W_{\min} = M_{Ed} / f_{yd} = 623,29 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, corrispondente ad un profilo IPE360 con modulo di resistenza pari a $904 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$, come da profilario ArcelorMittal allegato.

La precedente verifica agli Stati Limite di Esercizio ha evidenziato la necessità dello stesso profilo, si prosegue quindi con il dimensionamento ipotizzando un profilo IPE360.

Verifica a taglio

Questo profilo è stato successivamente verificato a taglio, mediante confronto tra il taglio massimo agente ($V_{ED} = 70,97 \text{ kN}$) e il taglio resistente V_{RD} della trave scelta.

$$A = 7270 \text{ mm}^2$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

$$r = 18,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,0 \text{ mm}$$

$$A_V = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 3510,8 \text{ mm}^2$$

$$V_{RD} = 275 \cdot 2209,32 / (\sqrt{3} \cdot 1,05 \cdot 1000) = 530,87 \text{ kN}$$

Poiché $V_{RD} \geq V_{ED}$, il profilo IPE360 scelto risulta verificato a taglio.

Verifica a instabilità flessione-torsionale

La trave è stata infine sottoposta a verifica di instabilità flessione-torsionale, con la formula indicata al paragrafo "Travi inflesse" delle NTC/18: $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$.

M_{Ed} è il massimo momento flettente di calcolo,

$M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità.

Il momento resistente di progetto può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_{yk} / \gamma_{M1}$$

X_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo,

W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$.

Per profili laminati o composti saldati, il fattore di riduzione può essere determinato dalla formula:

$$X_{LT} = (1 / f) [1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2})]$$

Dove:

$$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda^2]$$

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2 (\lambda_{LT} - 0.8)^2]$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_{yk} / M_{cr})}$$

λ_{LT} è il coefficiente di snellezza adimensionale,

M_{cr} è il momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme,

α_{LT} è il fattore di imperfezione,

$\lambda_{LT,0}$ è un coefficiente assunto in generale pari a $\lambda_{LT,0} = 0.2$,

λ è la snellezza dell'asta nel piano di verifica,

β è un coefficiente assunto in generale pari a $\beta = 1$,

k_c è un fattore correttivo.

Verifica conclusiva del profilo scelto

Una volta individuato il profilo finale IPE360, è stato aggiunto il peso proprio p della trave ai carichi permanenti strutturali G_1 , modificando di conseguenza il carico cui essa stessa è sottoposta sia agli Stati Limite di Esercizio che agli Stati Limite Ultimi; per completezza sono state quindi effettuate nuovamente le verifiche agli Stati Limite.

G1	57.1 kq/m
	0.560 kN/m

q_{SLE}	10,93	kN/m	q_{SLU}	15,99	kN/m
R_{SLE}	50,26	kN	R_{SLU}	73,55	kN
			M_{ed}	40,81	kNm
I_z	1564,16	X10 ⁴ mm ⁴	W_{min}	155,82	x10 ³ mm ³

La trave secondaria TS6 risulta quindi correttamente dimensionata con profilo IPE360.

Possiamo, quindi, riassumere le travi secondarie e primarie, con le rispettive reazioni vincolari dettate dagli schemi statici, nella seguente tabella:

S1 - C.O.02							
TRAVI	L [m]	i [m]	q_{SLE}	q_{SLU}	R_{SLE}	R_{SLU}	PROFILO
TS1	6,71	2,30	11,00	16,20	36,90	54,34	IPE 270
TS2	6,71	2,33	11,14	16,40	37,37	55,03	IPE 270
TS3	7,00	2,14	10,26	15,09	35,90	52,83	IPE 270
TS4	6,71	2,02	9,70	14,27	32,55	47,87	IPE 270
TS5	1,50	2,33	10,97	16,23	16,45	24,35	IPE 180
TS6	4,60	2,24	10,93	15,99	50,26	73,55	IPE 300
TP1	6,90	2,30	36,90	54,34	38,33	55,77	IPE 300
TP2	7,00	2,33	37,37	55,03	38,81	56,48	IPE 300
TP3	8,57	2,14	35,90	52,83	55,92	81,31	IPE 360
TP4	10,10	2,02	32,55	47,87	68,39	99,02	IPE 400
TP5	4,60	-	16,45	24,35	35,48	51,28	IPE 360

4.4.4.9. Dimensionamento dei restanti solai

Omettendo i calcoli, esposti per intero nella risoluzione delle travi secondarie e primarie nei paragrafi precedenti, si presenta ora una breve sintesi dei risultati delle verifiche relative ai restanti solai:

S3 - P.O.03 (ak=2)							
TRAVI	L [m]	i [m]	q_{SLE}	q_{SLU}	R_{SLE}	R_{SLU}	PROFILO
TS1	6,71	2,30	13,13	19,36	44,05	64,96	IPE 270
TS2	6,71	2,33	13,30	19,61	44,61	65,80	IPE 270
TS3	7,00	2,14	12,24	18,04	42,85	63,14	IPE 270
TS4	6,71	2,02	11,58	17,05	38,83	57,20	IPE 270
TS5	1,50	2,33	13,13	19,44	19,69	29,16	IPE 180
TS6	4,60	2,24	13,09	19,16	60,23	88,15	IPE 400
TP1	6,90	2,30	44,05	64,96	45,71	66,63	IPE 330
TP2	7,00	2,33	44,61	65,80	46,30	67,48	IPE 330
TP3	8,57	2,14	42,85	63,14	66,33	96,78	IPE 400
TP4	10,10	2,02	38,83	57,20	81,51	118,24	IPE 450
TP5	4,60	-	19,69	29,16	42,37	61,32	IPE 400

S3 - P.O.03 (ak=3)							
TRAVI	L [m]	i [m]	q_{SLE}	q_{SLU}	R_{SLE}	R_{SLU}	PROFILO
TS1	6,71	2,30	15,49	22,87	51,97	76,74	IPE 300
TS2	6,71	2,33	15,69	23,17	52,63	77,72	IPE 300
TS3	7,00	2,14	14,44	21,31	50,55	74,59	IPE 300
TS4	6,71	2,02	13,60	20,08	45,61	67,37	IPE 270
TS5	1,50	2,33	15,46	22,94	23,19	34,41	IPE 180
TS6	4,60	2,24	15,33	22,52	70,53	103,61	IPE 400
TP1	6,90	2,30	51,97	76,74	53,63	78,40	IPE 330
TP2	7,00	2,33	52,63	77,72	54,32	79,41	IPE 330
TP3	8,57	2,14	50,55	74,59	77,88	113,95	IPE 400
TP4	10,10	2,02	45,61	67,37	95,72	139,22	IPE 500
TP5	4,60	-	23,19	34,41	49,36	71,80	IPE 400

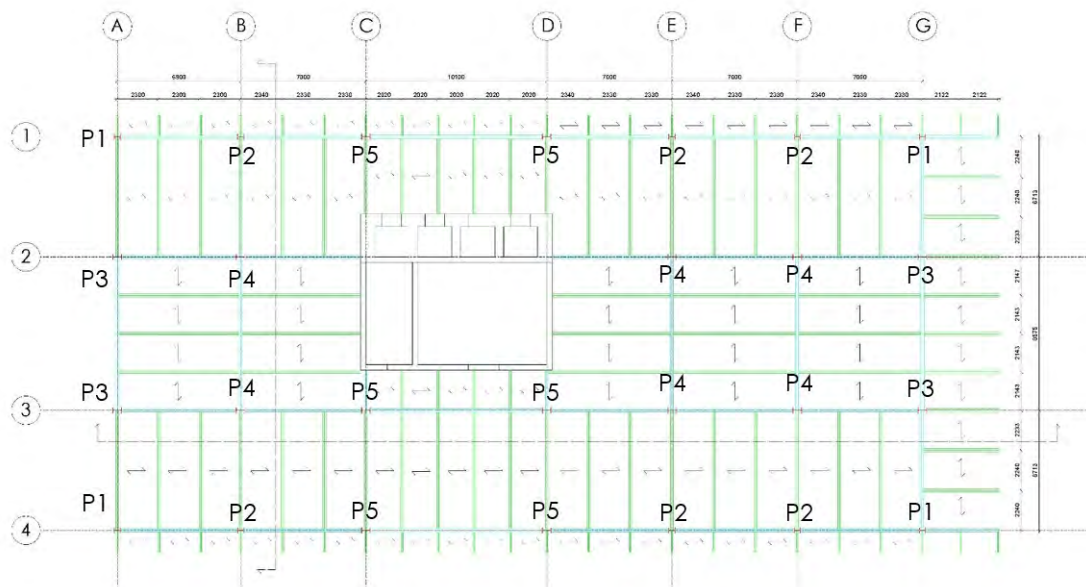
S3 - P.O.03 (ak=5)							
TRAVI	L [m]	i [m]	q_{SLE}	q_{SLU}	R_{SLE}	R_{SLU}	PROFILO
TS1	6,71	2,30	20,22	29,90	67,84	100,33	IPE 300
TS2	6,71	2,33	20,48	30,29	68,70	101,61	IPE 330
TS3	7,00	2,14	18,85	27,86	65,97	97,50	IPE 330
TS4	6,71	2,02	17,82	26,32	59,78	88,31	IPE 330
TS5	1,50	2,33	20,18	29,99	30,27	44,98	IPE 180
TS6	4,60	2,24	19,98	29,42	91,93	135,31	IPE 450
TP1	6,90	2,30	67,84	100,33	69,77	102,26	IPE 300
TP2	7,00	2,33	68,70	101,61	70,98	103,89	IPE 400
TP3	8,57	2,14	65,97	97,50	102,76	150,06	IPE 500
TP4	10,10	2,02	59,78	88,31	124,80	181,87	IPE 500
TP5	4,60	-	30,27	44,98	64,04	93,47	IPE 450

4.4.4.10. Pilastri

Tutti i pilastri sono sottoposti ad un carico concentrato in sommità, derivante dalle reazioni vincolari delle travi principali e secondarie precedentemente dimensionate.



All'interno della pianta sono stati individuati cinque tipologia di pilastro, come indicate in pianta



Il dimensionamento è partito dai piani più altri, considerando le aree di influenza dei solai sovrastanti.

Prendiamo di riferimento il pilastro P1 (con coordinata G-1): questo pilastro sarà soggetto ad un carico totale dato dalle travi TS2, TP2, TS5 e TP5. Per individuare il carico totale cui il pilastro P1 è sottoposto, è sufficiente sommare le reazioni dovute alle travi.

Si ottiene quindi:

$$N_{SLU} = 187,14 \text{ kN}$$

Verifica agli Stati Limite Ultimi

Come indicato al paragrafo 4.2.4.1.3.1 "Stabilità delle membrature. Aste compresse" delle NTC/18:

"La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1$$

N_{Ed} è l'azione di compressione di calcolo,
 $N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa."

Per le sezioni di classe 1, 2 e 3, la resistenza all'instabilità può essere assunta pari a:

$$N_{b,Rd} = (\chi A f_{yk}) / \gamma_{M1}$$

Il coefficiente χ dipende dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale λ , si ottiene mediante la formula:

$$\chi = 1 / (\Phi + \sqrt{(\Phi - \lambda^2)}) \leq 1$$

Dove:

$$\Phi = 0.5 [1 + a (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

$$\lambda = \sqrt{((A f_{yk}) / N_{cr})}$$

$$N_{cr} = (\pi^2 E I) / l_0^2$$

a è il fattore di imperfezione,

λ è il coefficiente di snellezza adimensionale,

N_{cr} è il carico critico elastico, basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla lunghezza di libera inflessione l_0 dell'asta,

l_0 è la lunghezza d'inflessione nel piano considerato, calcolata come $l_0 = \beta L$.

Le travi che andranno successivamente collegate al pilastro sono dei profili IPE180, IPE270, IPE300 IPE360: per facilitare il giunto tra questi elementi, si ipotizza di utilizzare per il pilastro un profilo minimo HE180B.

$$I = 3831 \cdot 104 \text{ mm}^4$$

$$A = 65,3 \cdot 102 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$l_0 = 5000 \text{ mm}$$

Procedendo quindi con il calcolo della resistenza all'instabilità:

$$N_{cr} = (\pi^2 E I) / l_0^2 = 3172,86 \text{ kN}$$

$$\lambda = \sqrt{((A f_{yk}) / N_{cr})} = 0.75$$

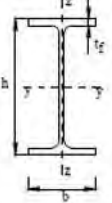
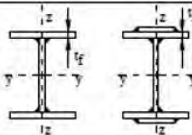
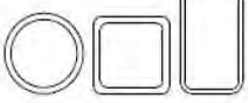
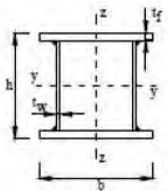
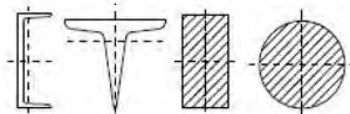

Il fattore di imperfezione a è ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tabella 4.2.VII delle NTC/08:

Tabella 4.2.VII Definizione delle curve d'instabilità per le varie tipologie di sezione e per gli elementi inflessi.

Sezione trasversale	Limiti	Curva di instabilità da Tab. 4.2.VI
Sezione laminata ad I	$h/b \leq 2$	b
	$h/b > 2$	c
Sezione composta saldata	$h/b \leq 2$	c
	$h/b > 2$	d
Altre sezioni trasversale	-	d

Consideriamo il profilo HE180A da verificare: come da profilario ArcelorMittal allegato, la sezione presenta un'altezza $h = 171 \text{ mm}$ e una larghezza $b = 180 \text{ mm}$, con conseguente rapporto $h/b = 0.95$; la sezione presenta inoltre uno spessore dell'ala $t_f = 9.5 \text{ mm}$. Queste condizioni ci consentono di individuare la curva di instabilità b.

Tabella 4.2.VI Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi.

Sezione trasversale		Limiti	Inflexione intorno all'asse	Curva di instabilità		
				S235, S275, S355, S420	S460	
Sezioni laminare 		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100$ mm	y-y z-z	b c	a a
			$t_f > 100$ mm	y-y z-z	d d	c c
Sezioni ad I saldate 		$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	b c	
		$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	c d	
Sezioni cave 		Sezione formata "a caldo"	qualunque	a	a ₀	
		Sezione formata "a freddo"	qualunque	c	c	
Sezioni scatolari saldate 		In generale	qualunque	b	b	
		saldature "spesse": $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$; $h/t_f < 30$	qualunque	c	c	
Sezioni piene, ad U e T 			qualunque	c	c	
Sezioni ad L 			qualunque	b	b	
Curva di instabilità		a ₀	a	b	c	d
Fattore di imperfezione α		0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

La Tabella 4.2.VI delle NTC/08 associa alla curva di instabilità b un fattore di imperfezione $a = 0.34$.

Proseguendo quindi con i calcoli:

$$\Phi = 0.5 [1 + a (\lambda - 0.2) + \lambda^2] = 0.88$$

$$\chi = 1 / (\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}) = 0.753$$

Posto il coefficiente $\gamma_{M1} = 1.05$, si ottiene una resistenza all'instabilità pari a:

$$N_{b,Rd} = (\chi A f_{yk}) / \gamma_{M1} = 1288,44 \text{ kN}$$

Il profilo scelto è verificato se è soddisfatta la relazione: $N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1$

$$N_{Ed} = 187,14 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 1288,44 \text{ kN}$$

Poiché $N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0.15 \leq 1$, il pilastro P1 risulta ampiamente verificato con un profilo HE180B.

Si può a questo punto calcolare il carico totale agente sul pilastro P1, comprensivo del peso proprio dello stesso, in modo da applicarlo successivamente al pilastro

P2 sottostante.

Da profilario ArcelorMittal allegato, la sezione presenta un peso proprio $G = 51,2$ kg/m, pari a 0.50 kN/m. Considerando un'altezza del pilastro pari a 5 m, si ottiene un carico dovuto al peso proprio pari a $G = 2.5$ kN.

Raccogliendo i risultati ottenuti sommando il carico agli Stati Limite Ultimi al peso proprio del pilastro P1:

$$N_{P1} = 187,14 + 2.5 * 1.3 = 190,39 \text{ kN}$$

4.4.4.11. Dimensionamento dei restanti pilasti

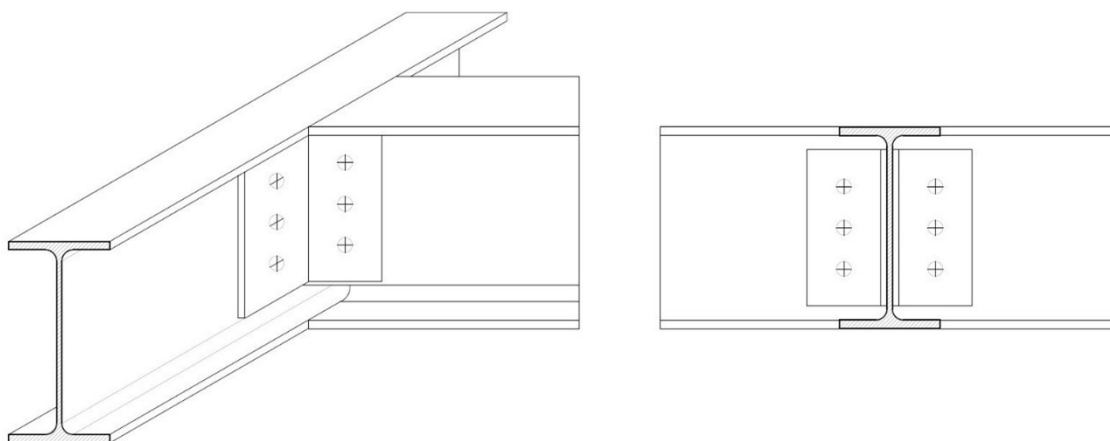
Ai piani inferiori è stato individuato un pilastro con situazione di carico differente ad ogni piano, in quanto i pilastri dei piani superiori scaricano man mano i carichi ai pilastri dei piani inferiori; sono stati dimensionati con lo stesso procedimento e ne vengono riportati, nella tabella sottostante, i carichi sostenuti in base al piano, all'altezza del pilastro e alla tipologia di solaio.

N° PIANO	CARICO PORTATO (kN)					h [m]	PROFILO SELEZIONATO					TIPOLOGIA SOLAIO
	P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5	
#23	187,14	192,35	266,37	249,30	234,89	5,00	HE 180 B					C.O.02
#22	450,48	463,28	641,06	599,79	565,65	5,00	HE 180 B					P.O.03 (qk=3)
#21	713,82	734,21	1015,75	950,28	896,41	5,00	HE 180 B					P.O.03 (qk=3)
#20	977,16	1005,14	1390,44	1300,77	1227,17	4,00	HE 240 B					P.O.03 (qk=3)
#19	1200,92	1235,06	1708,65	1598,31	1507,86	4,00	HE 240 B					P.O.03 (qk=2)
#18	1424,68	1464,98	2026,86	1895,85	1788,55	4,00	HE 240 B					P.O.03 (qk=2)
#17	1648,44	1694,90	2345,07	2193,39	2069,24	4,00	HE 280 B					P.O.03 (qk=2)
#16	1872,20	1924,82	2663,28	2490,93	2349,93	4,00	HE 280 B					P.O.03 (qk=2)
#15	2216,16	2279,20	3154,15	2950,38	2782,28	4,00	HE 280 B	HE300 B			P.O.03 (qk=5)	
#14	2479,50	2550,13	3528,84	3300,87	3113,04	4,00	HE 280 B	HE320 B			P.O.03 (qk=3)	
#13	2742,84	2821,06	3903,53	3651,36	3443,80	4,00	HE 280 B	HE360 B			P.O.03 (qk=3)	
#12	3006,18	3091,99	4278,22	4001,85	3774,56	4,00	HE300 B	HE400 B			P.O.03 (qk=3)	
#11	3269,52	3362,92	4652,91	4352,34	4105,32	4,00	HE300 B	HE400 B			P.O.03 (qk=3)	
#10	3532,86	3633,85	5027,60	4702,83	4436,08	4,00	HE 360 B	HE500 B			P.O.03 (qk=3)	
#9	3796,20	3904,78	5402,29	5053,32	4766,84	4,00	HE 360 B	HE500 B			P.O.03 (qk=3)	
#8	4059,54	4175,71	5776,98	5403,81	5097,60	4,00	HE 360 B	HE600 B			P.O.03 (qk=3)	
#7	4322,88	4446,64	6151,67	5754,30	5428,36	4,00	HE 400 B	HE600 B			P.O.03 (qk=3)	
#6	4586,22	4717,57	6526,36	6104,79	5759,12	4,00	HE 400 B	HE600 B			P.O.03 (qk=3)	
#5	4930,18	5071,95	7017,23	6564,24	6191,47	5,00	HE 500 B	HE600 M			P.O.03 (qk=5)	
#4	5274,14	5426,33	7508,10	7023,69	6623,82	5,00	HE 500 B	HE600 M			P.O.03 (qk=5)	
#3	5618,10	5780,71	7998,97	7483,14	7056,17	5,00	HE 500 B	HE600 M			P.O.03 (qk=5)	
#2	5962,06	6135,09	8489,84	7942,59	7488,52	5,00	HE 550 B	HE600 M			P.O.03 (qk=5)	
#1	6306,02	6489,47	8980,71	8402,04	7920,87	5,00	HE 550 B	HE600 M			P.O.03 (qk=5)	

4.4.5. Dimensionamento e verifiche delle connessioni

4.4.5.1. Unioni bullonate

Il collegamento tra trave principale e trave secondaria è stato risolto mediante giunto bullonato realizzato in opera con due elementi angolari che collegano l'anima della trave secondaria all'anima della trave principale. Il giunto dimensionato rispetta il vincolo stabilito dallo schema statico, verrà infatti realizzato un giunto a cerniera.



Si è scelto di posizionare il giunto a cerniera in corrispondenza della trave principale, in modo da escludere qualsiasi carico di trazione sui bulloni: sia i bulloni posizionati sulla trave principale sia quelli sulla trave secondaria dovranno resistere solo ad azione tagliante.

Come indicato al paragrafo “Unioni con bulloni e chiodi” delle NTC/18:

“La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni $F_{v,Rd}$, per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, per bulloni di classe 4.6, 5.6 e 8.8 può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0.6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$$

A_{res} è l'area resistente del bullone (si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata del bullone),

f_{tb} è la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare il bullone.

La resistenza di calcolo a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione bullonata, può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k a f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

Per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato:

$$a = \min \{ e_1 / (3 d_0); f_{tb} / f_t; 1 \}$$

Per bulloni interni nella direzione del carico applicato:

$$a = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0.25; f_{tb} / f_t; 1 \}$$

Per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato:

$$k = \min \{ 2.8 e_2 / d_0 - 1.7; 2.5 \}$$

Per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato:

$$k = \min \{ 1.4 p_2 / d_0 - 1.7; 2.5 \}$$

d è il diametro nominale del gambo del bullone,

t è lo spessore della piastra collegata,

f_{tk} è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,
 d_0 è il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone.

La resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione $F_{t,Rd}$ può essere assunta pari a:

$$F_{t,Rd} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$$

Inoltre, nelle unioni bullonate soggette a trazione è necessario verificare la piastra a punzonamento. La resistenza a punzonamento del piatto collegato è pari a:

$$B_{p,Rd} = 0.6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2}$$

d_m è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone,

t_p è lo spessore del piatto,

f_{tk} è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

Per il calcolo della resistenza a taglio e a trazione dei bulloni, e per il rifollamento delle piastre collegate, si adottano i fattori parziali γ_M indicati nella Tabella 4.2.XII delle NTC/18.

Tabella 4.2. XII Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.

Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	$\gamma_{M3} = 1,25$
Resistenza a scorrimento per SLU	
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M3,ex} = 1,0$
Pre-carico di bulloni ad alta resistenza	$\gamma_{M3} = 1,10$

La resistenza complessiva della singola unione a taglio è perciò data da $\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$, mentre la resistenza della singola unione a trazione è ottenuta come $\min(B_{p,Rd}; F_{t,Rd})$.

Nel caso di presenza combinata di trazione e taglio si può adottare la formula di interazione lineare:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) \leq 1$$

con la limitazione $F_{t,Ed} / F_{t,Rd} \leq 1$.

$F_{v,Ed}$ è la sollecitazione di taglio agente sull'unione,

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio dell'unione,

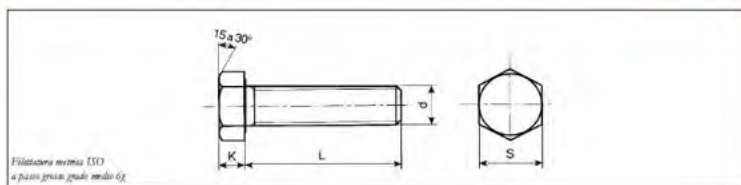
$F_{t,Ed}$ è la sollecitazione di trazione agente sull'unione,

$F_{t,Rd}$ è la resistenza a trazione dell'unione."

È stata prima di tutto selezionata la tipologia da profilario Bulloneria Emiliana: verranno utilizzate viti a testa esagonale con gambo interamente filettato a passo grosso; in particolare, si è scelto di utilizzare bulloni M16.

Viti a testa esagonale con gambo interamente filettato a passo grosso
 Hexagon head screws

ISO 4017
 ex UNI 5739
 ex DIN 933



CATEGORIA A

Dimensioni in mm

d	M3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22
K	2	2,8	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10,0	11,5	12,5	14
S	5,5	7	8	10	13	16	18	21	24	27	30	34
L=	6	0,58										
8	0,68	1,50										
10	0,76	1,66	2,67									
12	0,86	1,82	2,91	4,51								
16	1,05	2,12	3,39	5,19	10,80	20,6						
20	1,25	2,44	3,87	5,87	12,20	22,6						
25	1,50	2,82	4,46	6,72	13,80	25,1	36,0					
30		3,21	5,06	7,58	15,50	27,6	39,6	56,8	75,3			
35		3,59	5,66	8,44	17,00	30,1	43,3	61,8	82,0	112,0		
40		3,98	6,14	9,46	18,80	32,6	47,0	66,8	88,7	120,0	156	
45		4,36	6,74	10,30	20,50	35,1	50,7	71,8	95,3	129,0	166	204
50		4,74	7,35	11,20	22,10	37,6	54,4	76,7	102,0	137,0	177	217
55			7,95	12,00	23,80	40,1	58,1	81,7	109,0	145,0	187	230
60			8,55	12,40	25,50	42,6	61,8	86,7	115,0	153,0	198	242

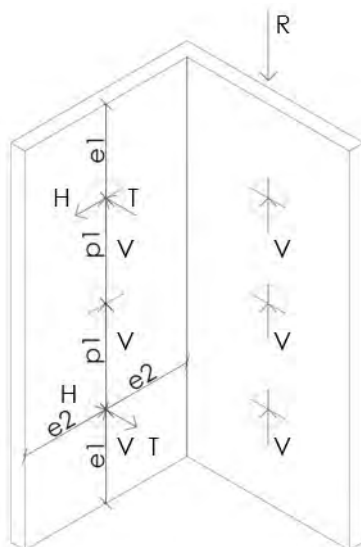
Le principali caratteristiche dei bulloni scelti sono state raccolte nella tabella sottostante:

	Classe	f_{tb} (N/mm ²)	A (mm ²)	A _{res} (mm ²)	d (mm)
M16	8.8	800	201.1	150.8	16

Sono state quindi effettuate le verifiche a taglio e a rifollamento del giunto: i risultati di queste verifiche consentono di calcolare la dimensione della piastra di connessione.

Connessione tra le travi TP1 e TS1

Si riporta di seguito una schematizzazione dell'azione di carico sulla piastra e delle conseguenti reazioni sui bulloni:



R è l'azione di carico della trave,
 V è la reazione verticale sui singoli bulloni,
 H è la reazione orizzontale sui singoli bulloni,
 T è la reazione di trazione/compressione sui singoli bulloni.

La posizione dei fori per le unioni bullonate deve rispettare le limitazioni presentate nella Tabella 4.2.XIII delle NTC/18, che fa riferimento agli schemi di unione sotto riportati.

Tabella 4.2.XIII Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

Distanze e interassi (Fig. 4.2.3)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN10025-5)
e_1	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
e_2	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
p_1	$2,2 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$
p_2	$2,4 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$



Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

Come prescritto al paragrafo “Unioni con bulloni e chiodi” delle NTC/18: “I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato al massimo di 1 mm, per bulloni sino a 20 mm di diametro, di 1,5 mm per bulloni di diametro maggiore di 20 mm.”

Considerando l'utilizzo di bulloni M16 ($d = 16 \text{ mm}$), si ottiene un diametro nominale del foro di alloggiamento pari a $d_0 = 17 \text{ mm}$.

Procedendo con i calcoli:

$$e_1 = e_2 = 1,2 d_0 = 1,2 * 17 = 20,4 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2 d_0 = 2,2 * 17 = 37,4 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4 d_0 = 2,4 * 17 = 40,8 \text{ mm}$$

A favore di sicurezza, si sceglie di effettuare le successive verifiche assumendo $e_1 = e_2 = 40 \text{ mm}$ e $p_1 = p_2 = 45 \text{ mm}$.

La sollecitazione di taglio agente sull'unione $F_{v,Ed}$ è pari al carico complessivo R trasferito dalla trave, diviso per il numero di bulloni presenti sulla piastra. A favore di sicurezza, si considera il massimo carico complessivo agente, pari alla resistenza a taglio V_{Rd} del profilo.

Si procede quindi al calcolo della resistenza a taglio, a partire dalle caratteristiche geometriche del profilo IPE270, come da profilario ArcelorMittal allegato:

$$A = 4590 \text{ mm}^2,$$

$$b = 120 \text{ mm},$$

$$r = 15 \text{ mm},$$

$$t_f = 10,2 \text{ mm},$$

$$t_w = 6,6 \text{ mm.}$$

Per il calcolo dell'area resistente A_v si utilizza la formula:

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f = 2209,32 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd} = A_v f_{yk} / \sqrt{3} \gamma_{M1} = 334,07 \text{ kN}$$

Ipotizzando di utilizzare 6 bulloni M16, con caratteristiche citate al paragrafo precedente, la sollecitazione di taglio agente $F_{v,Ed}$ è pari a:

$$F_{v,Ed} = V_{Rd} / 6 = 289,23 / 6 = 55,68 \text{ kN}$$

Verifica del giunto bullonato

Prima di procedere alla vera e propria verifica della connessione, si calcola innanzitutto la resistenza a taglio $F_{v,Rd}$ dei bulloni, ricordando che per piani di taglio che interessano la parte filettata del bullone si utilizza la formula:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0,6 * 800 * 150,8 / 1,25 = 57907,2 \text{ N} = 57,91 \text{ kN}$$

Affinchè la connessione bullonata soggetta a taglio sia verificata, deve essere:

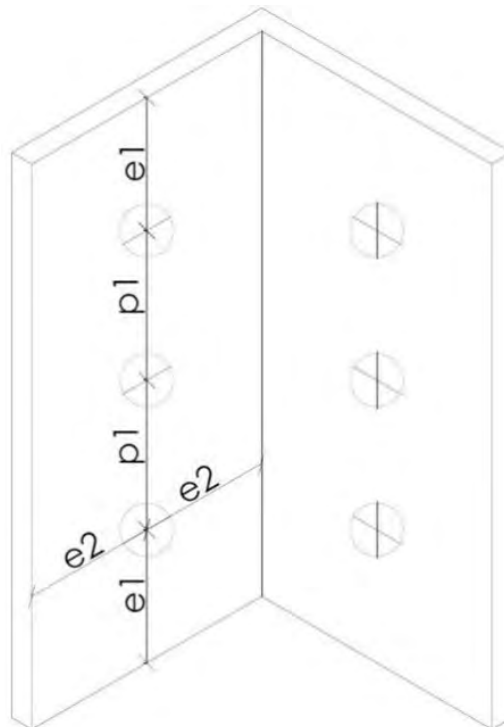
$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} \leq 1$$

Nel nostro caso:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} = 55,68 / 57,91 = 0,96 \leq 1$$

Il giunto bullonato tra la trave TP1 e la trave TS1 risulta verificato utilizzando 6 bulloni M16.

Si può a questo punto effettuare un primo dimensionamento della piastra angolare di connessione, utilizzando i valori di e_1 , e_2 , p_1 e p_2 individuati in precedenza:



Poiché $e_1 = e_2 = 40 \text{ mm}$ e $p_1 = p_2 = 45 \text{ mm}$, le dimensioni della piastra angolare saranno:

$$h = e_1 + p_1 + p_1 + e_1 = 40 + 45 + 45 + 40 = 170 \text{ mm}$$

$$b = e_2 + e_2 = 40 + 40 = 80 \text{ mm (ciascuna ala della piastra)}$$

Verifica della piastra di connessione

Anche la piastra angolare di connessione deve essere sottoposta a verifica: si parla in questo caso di verifica a rifollamento, e viene effettuata confrontando la sollecitazione di taglio agente $F_{v,Ed}$ con la resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$. Come anticipato al paragrafo precedente, quest'ultima si calcola mediante la formula:

$$F_{b,Rd} = k a f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

Riassumendo le caratteristiche principali della piastra di connessione scelta:

	b (mm)	h (mm)	t (mm)	d₀ (mm)	f_{tb} (N/mm²)	f_{tk} (N/mm²)
Piastra	80 + 80	170	7	17	800	430

$$k = \min \{2.8 e_2 / d_0 - 1.7; 2.5\} = \min \{2.8 * 40 / 17 - 1.7; 2.5\} = \min \{4.9; 2.5\} = 2.5$$

$$a = \min \{e_1 / (3 d_0); f_{tb} / f_{tk}; 1\} = \min \{40 / (3 * 17); 800 / 430; 1\} =$$

$$= \min \{0.8; 1.9; 1\} = 0.8$$

$$F_{b,Rd} = 77.06 \text{ kN}$$

Affinchè anche la piastra di connessione sia verificata a rifollamento, deve essere:

$$F_{v,Ed} / F_{b,Rd} \leq 1$$

Nel nostro caso:

$$F_{v,Ed} / F_{b,Rd} = 55,68 / 77.06 = 0,72 \leq 1$$

La piastra angolare tra la trave TP1 e la trave TS1 risulta verificata con dimensioni 170 mm x (80 + 80) mm x 7 mm.

La connessione tra le travi TP1 e TS1 sarà quindi realizzata in opera mediante due piastre angolari di dimensioni 170 mm x (80 + 80) mm x 7 mm, bullonate all'anima della trave secondaria e della trave principale per mezzo di 9 bulloni M16 (3 bulloni passanti sull'anima della trave secondaria e 6 bulloni sull'anima della trave principale, ripartiti 3 su un angolare e 3 sull'altro).

Tutte le altre connessioni tra trave secondaria e primaria e tra trave primaria e pilastro vengono studiate con lo stesso metodo ed analizzate caso per caso, dimensionando in maniera corretta la piastra e selezionando i bulloni di diametro e numero necessari.

4.4.6. Azioni orizzontali

4.4.6.1. Azione del vento

Nel paragrafo precedente "Azione del vento" del presente elaborato sono state individuate le forze dovute all'azione del vento che agisce nei baricentri di ogni solaio dell'edificio, nelle due direzioni x (perpendicolare alla facciata minore) e y (perpendicolare alla facciata maggiore).

Le spinte generate dall'azione del vento sono state calcolate moltiplicando le pressioni agenti alle altezze dei diversi solai per l'area di influenza; l'area di influenza si ottiene sommando le due semiaree superiori e inferiori rispetto ad ogni solaio, considerando un'altezza pari a metà dell'interpiano e una larghezza uguale all'estensione della facciata.

Riassumendo i risultati trovati:

h (altezza)	p [N/m ²]	A lato lungo y [m ²]	A lato corto x [m ²]	Fy [kN]	Fx [kN]
5	699,24	250,0	125,0	174,81	87,40
10	699,24	250,0	125,0	174,81	87,40
15	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
20	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
25	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
29	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
33	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
37	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
41	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
45	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
49	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
53	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
57	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
61	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
65	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
69	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
73	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
77	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
81	1490,33	200,0	100,0	298,07	149,03
85	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
90	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
95	1490,33	250,0	125,0	372,58	186,29
101,5	1490,33	325,0	162,5	484,36	242,18

4.4.6.2 Azione del sisma

Calcolo del peso dei solai

Per il calcolo dell'azione del sisma è necessario stabilire il peso dei singoli solai, calcolato sommando il peso permanente strutturale G1, il peso permanente non strutturale G2 e il carico variabile Q.

Carichi permanenti strutturali

Riassumendo il peso dei differenti profili utilizzati

	Peso profili utilizzati				
	PROFILO	QUANTITA'	LUNGHEZZA [m]	PESO [kg/m]	PESO [kN/m]
PILASTRO	HE 180 B	78	5,00	51,2	0,502
	HE 240 B	78	4,00	83,2	0,816
	HE 280 B	82	4,00	103	1,010
	HE 300 B	32	4,00	117	1,147
	HE 320 B	16	4,00	127	1,245
	HE 360 B	46	4,00	142	1,393
	HE 400 B	52	4,00	155	1,520
	HE 500 B	32	4,00	187	1,834
	HE 500 B	30	5,00	187	1,834
	HE 550 B	20	5,00	199	1,952
	HE 600 B	64	4,00	212	2,079
	HE 600 M	80	5,00	285	2,795
	TRAVI	IPE 180	368	1,50	18,8
IPE 270		288	6,71	36,1	0,354
IPE 270		75	7,00	36,1	0,354
IPE 300		9	4,60	42,2	0,414
IPE 300		576	6,71	42,2	0,414
IPE 300		28	6,90	42,2	0,414
IPE 300		16	7,00	42,2	0,414
IPE 330		240	6,71	49,1	0,482
IPE 330		64	6,90	49,1	0,482
IPE 330		346	7,00	49,1	0,482
IPE 360		2	4,60	57,1	0,560
IPE 360		5	8,57	57,1	0,560
IPE 400		209	4,60	66,3	0,650
IPE 400		96	7,00	66,3	0,650
IPE 400		80	8,57	66,3	0,650
IPE 400		3	10,10	66,3	0,650
IPE 450		66	4,60	77,6	0,761
IPE 450		12	10,10	77,6	0,761
IPE 500		30	8,57	90,7	0,889
IPE 500		54	10,10	90,7	0,889

I carichi permanenti strutturali sono stati valutati moltiplicando i pesi lineari di travi e pilastri per la loro lunghezza, e moltiplicando il peso della lamiera grecata per l'area in oggetto.

N° PIANO	PROFILO	PESO LINEARE [kN/m]	PESO [kN/m ²]	LUNGHEZZA [m]	AREA [m ²]	G1 [kN]	G1 [kN]
#1	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	870,61
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	
	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 550 B	1,952	-	50	-	97,60	
	HE 600 M	2,795	-	80	-	223,60	
#2	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	870,61
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	
	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 550 B	1,952	-	50	-	97,60	
	HE 600 M	2,795	-	80	-	223,60	
#3	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	864,71
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	
	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 500 B	1,834	-	50	-	91,70	
	HE 600 M	2,795	-	80	-	223,60	
#4	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	864,71
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	

	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 500 B	1,834	-	50	-	91,70	
	HE 600 M	2,795	-	80	-	223,60	
#5	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	864,71
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	
	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 500 B	1,834	-	50	-	91,70	
HE 600 M	2,795	-	80	-	223,60		
#6	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	655,01
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 400 B	1,520	-	40	-	60,80	
HE 600 B	2,079	-	64	-	133,06		
#7	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	655,01
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 400 B	1,520	-	40	-	60,80	
HE 600 B	2,079	-	64	-	133,06		
#8	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	649,93
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	

	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 360 B	1,393	-	40	-	55,72	
	HE 600 B	2,079	-	64	-	133,06	
#9	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	634,25
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 360 B	1,393	-	40	-	55,72	
HE 500 B	1,834	-	64	-	117,38		
#10	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	634,25
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 360 B	1,393	-	40	-	55,72	
HE 500 B	1,834	-	64	-	117,38		
#11	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	604,31
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 300 B	1,147	-	40	-	45,88	
	HE 400 B	1,520	-	64	-	97,28	
#12	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	604,31
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	

	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 300 B	1,147	-	40	-	45,88	
	HE 400 B	1,520	-	64	-	97,28	
#13	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	590,70
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 280 B	1,010	-	40	-	40,40	
	HE 360 B	1,393	-	64	-	89,15	
#14	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	581,23
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 280 B	1,010	-	40	-	40,40	
	HE 320 B	1,245	-	64	-	79,68	
#15	Lamiera grecata	-	0,162	-	1054	170,75	663,21
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 300	0,414	-	81,28	-	33,65	
	IPE 330	0,482	-	373,4	-	179,98	
	IPE 400	0,650	-	112	-	72,80	
	IPE 450	0,761	-	50,6	-	38,51	
	IPE 500	0,889	-	46,15	-	41,03	
	HE 280 B	1,010	-	40	-	40,40	
	HE 300 B	1,147	-	64	-	73,41	
#16	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	541,75
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	427,08	-	151,19	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 450	0,761	-	3,3	-	2,51	

	HE 280 B	1,010	-	104	-	105,04	
#17	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	541,75
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	427,08	-	151,19	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 450	0,761	-	3,3	-	2,51	
	HE 280 B	1,010	-	104	-	105,04	
#18	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	521,58
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	427,08	-	151,19	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 450	0,761	-	3,3	-	2,51	
	HE 240 B	0,816	-	104	-	84,86	
#19	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	521,58
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	427,08	-	151,19	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 450	0,761	-	3,3	-	2,51	
	HE 240 B	0,816	-	104	-	84,86	
#20	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	546,01
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 240 B	0,816	-	104	-	84,86	
#21	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	526,41
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	

	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 180 B	0,502	-	130	-	65,26	
#22	Lamiera grecata	-	0,135	-	1054	142,29	526,41
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 180 B	0,502	-	130	-	65,26	
#23	Lamiera grecata	-	0,108	-	1139,8	123,10	507,22
	IPE 180	0,184	-	69	-	12,70	
	IPE 270	0,354	-	26,84	-	9,50	
	IPE 300	0,414	-	400,24	-	165,70	
	IPE 330	0,482	-	139,6	-	67,29	
	IPE 400	0,650	-	93,45	-	60,74	
	IPE 500	0,889	-	3,3	-	2,93	
	HE 180 B	0,502	-	130	-	65,26	

Carichi permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali sono stati valutati sommando al peso del solaio il contributo delle partizioni interne e delle chiusure verticali, e moltiplicando il risultato ottenuto per l'area in oggetto.

PACCHETTO TECNOLOGICO	PESO [kN/m ²]	AREA [m ²]	G2 [kN]
C.O.02 - Copertura NON praticabile	3,23	1140	3682,20
P.O.03 - Solaio "tipo" interno	1,02	1054	2814,18
P.V.01 - Parete divisoria interna	0,52	-	-
P.V.02 - Parete divisoria interna doppia	0,57	-	-
C.V.01 - Chiusura perimetrale verticale	0,56	-	-

Carichi variabili

I carichi variabili sono stati valutati moltiplicando il valore di carico, già individuato in precedenza al paragrafo "Carichi variabili" del presente elaborato, per l'area in oggetto.

N° PIANO	TIPOLOGIA	CARICO [kN/m ²]	AREA [m ²]	Qs [kN]	Q [kN]
#1	Affollamento	2.00	34,1	-	2308,20
		4.00	560	-	
#2	Affollamento	2.00	34,1	-	4652,2
		4.00	871	-	
		5.00	220	-	
#3	Affollamento	2.00	34,1	-	3140,20
		4.00	768	-	
#4	Affollamento	2.00	34,1	-	3140,20
		4.00	768	-	
#5	Affollamento	2.00	34,1	-	3158,20
		3.00	1030	-	
#6	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#7	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#8	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#9	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#10	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#11	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#12	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#13	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#14	Affollamento	2.00	34,1	-	3218,20
		3.00	1050	-	
#15	Affollamento	4.00	376	-	5004,00
		5.00	700	-	
#16	Affollamento	2.00	1013	-	2406,00
		4.00	95	-	
#17	Affollamento	2.00	1013	-	2406,00
		4.00	95	-	
#18	Affollamento	2.00	1013	-	2406,00
		4.00	95	-	
#19	Affollamento	2.00	1013	-	2406,00
		4.00	95	-	
#20	Affollamento	2.00	341,1	-	2926,20
		3.00	748	-	
#21	Affollamento	2.00	341,1	-	2662,20
		3.00	660	-	
#22	Affollamento	2.00	426,1	-	2352,20
		3.00	500	-	
#23	Affollamento	0.50	1140	-	570
	Neve	1,20	1140	1368	-

Riassumendo i risultati trovati:

N° PIANO	G [kN]	Qs [kN]	Q [kN]
#1	3684,79	-	2308,20
#2	3684,79	-	4652,20
#3	3678,89	-	3140,20
#4	3678,89	-	3140,20
#5	3678,89	-	3158,20
#6	3469,19	-	3218,20
#7	3469,19	-	3218,20
#8	3464,11	-	3218,20
#9	3448,43	-	3218,20
#10	3448,43	-	3218,20
#11	3418,49	-	3218,20
#12	3418,49	-	3218,20
#13	3404,88	-	3218,20
#14	3395,41	-	3218,20
#15	3477,39	-	5004,00
#16	3355,93	-	2406,00
#17	3355,93	-	2406,00
#18	3335,76	-	2406,00
#19	3335,76	-	2406,00
#20	3360,19	-	2926,20
#21	3340,59	-	2662,20
#22	3340,59	-	2352,20
#23	3321,40	1368	570,00

Carichi gravitazionali

Si calcolano ora i carichi gravitazionali W_{ix} , dati dalla formula:

$$W = \lambda (G_k + \Sigma(\psi_{2i} Q_{ki}))$$

λ tiene conto della maggiore o minore probabilità che tutti i carichi variabili, al momento del sisma, insistano sulla struttura con la stessa intensità, e assume il valore $\lambda = 0.85$ se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti,

G_k è il valore totale dei carichi permanenti, assunti con valore caratteristico,

Q_{ki} è il valore caratteristico della generica azione variabile,

ψ_{2i} è il coefficiente di combinazione agli Stati Limite Ultimi delle azioni variabili Q_{ki} , il cui valore è elencato in Tabella 2.5.I delle NTC/18.

A favore di sicurezza, nei casi di coesistenza di destinazioni d'uso con categorie differenti, si sceglie di considerare la più gravosa per la struttura. Nel nostro caso avremo quindi:

W1x = 5069,71 kN	Wx = 91631,21 kN
W2x = 6476,11 kN	
W3x = 5563,01 kN	
W4x = 5563,01 kN	
W5x = 4626,35 kN	
W6x = 4434,65 kN	
W7x = 4434,65 kN	
W8x = 4429,57 kN	
W9x = 4413,89 kN	
W10x = 4413,89 kN	
W11x = 4383,95 kN	
W12x = 4383,95 kN	
W13x = 4370,34 kN	
W14x = 4360,87 kN	
W15x = 6479,79 kN	
W16x = 4077,73 kN	
W17x = 4077,73 kN	
W18x = 4057,56 kN	
W19x = 4057,56 kN	
W20x = 5115,91 kN	
W21x = 4937,91 kN	
W22x = 4751,91 kN	
W23x = 3321,40 kN	

4.4.6.3. Distribuzione della forza sismica ai piani

Nota il valore $S_d(T)$ della componente orizzontale dello spettro di progetto, pari a $S_d = 0.011 g$, e quello del carico gravitazionale W_x , il calcolo dell'azione sismica F_{hx} è immediato; si ha infatti:

$$F_{hx} = S_d(T) * W_x / g = 1007,94 \text{ kN}$$

La forza F_{hx} si distribuisce linearmente lungo l'altezza dell'edificio. Al piano i -esimo sarà dunque applicata una forza sismica F_{hxi} , data dalla formula:

$$F_{hxi} = F_{hx} (z_i W_{xi} / \sum(z_i W_{xi}))$$

z_i è la quota del piano i -esimo,

W_{xi} è il carico gravitazionale corrispondente al medesimo piano.

Riassumendo i carichi gravitazionali dei differenti piani e le rispettive quote:

N° PIANO	W_x [kN]	z [m]	F_{hxi} [kN]	$(z_i \cdot W_x)$
#1	5069,71	5	4,654	25348,53
#2	6476,11	10	11,889	64761,07
#3	5563,01	15	15,319	83445,1
#4	5563,01	20	20,426	111260,1
#5	4626,35	25	21,233	115658,7
#6	4434,65	29	23,610	128604,7
#7	4434,65	33	26,866	146343,3
#8	4429,57	37	30,088	163893,9
#9	4413,89	41	33,223	180969,3
#10	4413,89	45	36,465	198624,9
#11	4383,95	49	39,437	214813,6
#12	4383,95	53	42,656	232349,4
#13	4370,34	57	45,733	249109,5
#14	4360,87	61	48,836	266013,1
#15	6479,79	65	77,324	421186,7
#16	4077,73	69	51,654	281363,6
#17	4077,73	73	54,649	297674,5
#18	4057,56	77	57,358	312431,9
#19	4057,56	81	60,337	328662,1
#20	5115,91	85	79,832	434852,7
#21	4937,91	90	81,587	444411,9
#22	4751,91	95	82,876	451431,5
#23	3321,40	101,5	61,891	337121,9

Naturalmente avremo:

$$F_{hx} = \Sigma F_{hxi} = 1007,94 \text{ kN}$$

Anche negli edifici regolari in pianta è obbligatorio considerare gli effetti torsionali accidentali. Si può tenere conto di questi effetti amplificando mediante un fattore $\delta > 1$ le forze sismiche di piano. Si ha:

$$\delta = 1 + 0.6 x / L$$

x è la distanza dell'elemento resistente verticale dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata,

L è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata nella stessa direzione.

La maggiorazione dovuta all'effetto torsionale è massima per gli elementi strutturali più lontani dal baricentro, mentre si annulla per gli elementi baricentrici (x = 0 implica $\delta = 1$).

Posto $L = 50,75$ m, posso ricavare le distanze x_i dal baricentro, il fattore δ , fino a ricavare le forze sismiche nei vari piani, raggruppati nella tabella sottostante.

N° PIANO	z [m]	x [m]	δ	F_{hxi} [kN]	F_{hk} [kN]
#1	5	45,75	1,541	4,654	7,171
#2	10	40,75	1,482	11,889	17,617
#3	15	35,75	1,423	15,319	21,794
#4	20	30,75	1,364	20,426	27,851
#5	25	25,75	1,304	21,233	27,697
#6	29	21,75	1,257	23,610	29,681
#7	33	17,75	1,210	26,866	32,504
#8	37	13,75	1,163	30,088	34,980
#9	41	9,75	1,115	33,223	37,053
#10	45	5,75	1,068	36,465	38,943
#11	49	1,75	1,021	39,437	40,253
#12	53	2,25	1,027	42,656	43,791
#13	57	6,25	1,074	45,733	49,112
#14	61	10,25	1,121	48,836	54,754
#15	65	14,25	1,168	77,324	90,351
#16	69	18,25	1,216	51,654	62,799
#17	73	22,25	1,263	54,649	69,024
#18	77	26,25	1,310	57,358	75,159
#19	81	30,25	1,358	60,337	81,916
#20	85	34,25	1,405	79,832	112,159
#21	90	39,25	1,464	81,587	119,447
#22	95	44,25	1,523	82,876	126,233
#23	101,5	50,75	1,600	61,891	99,025

Riassumendo i risultati ottenuti per quanto riguardo azioni del vento e sisma:

N° PIANO	F_x [kN]	F_y [kN]	F_h [kN]
#1	87,40	174,81	7,171
#2	87,40	174,81	17,617
#3	186,29	372,58	21,794
#4	186,29	372,58	27,851
#5	186,29	372,58	27,697
#6	149,03	298,07	29,681
#7	149,03	298,07	32,504
#8	149,03	298,07	34,980
#9	149,03	298,07	37,053
#10	149,03	298,07	38,943
#11	149,03	298,07	40,253
#12	149,03	298,07	43,791
#13	149,03	298,07	49,112
#14	149,03	298,07	54,754
#15	149,03	298,07	90,351
#16	149,03	298,07	62,799
#17	149,03	298,07	69,024
#18	149,03	298,07	75,159
#19	149,03	298,07	81,916
#20	186,29	372,58	112,159
#21	186,29	372,58	119,447
#22	186,29	372,58	126,233
#23	242,18	484,36	99,025

4.5. Progetto Energetico-Tecnologico

Il problema della tutela dell'ambiente e la considerazione dei suoi aspetti economici furono affrontati in maniera ufficiale negli Stati Uniti in uno studio effettuato da un gruppo di ricercatori collegati al governo americano, sotto la presidenza di Jimmy Carter, pubblicato nel 1980: "The Global 2000 Report to the President", nel quale venivano analizzati i problemi della popolazione e le sue attività in rapporto con le risorse naturali: "se continueranno le tendenze attuali il mondo del XXI secolo sarà più popolato, più inquinato, meno stabile ecologicamente e più vulnerabile alla distruzione rispetto al mondo in cui ora viviamo. Le gravi difficoltà che riguardano popolazione, risorse ed ambiente progrediscono visibilmente. Nonostante la maggiore produzione mondiale, sotto molti aspetti la popolazione sarà più povera in futuro di adesso. Si afferma che: "Per centinaia di migliaia di persone disperatamente povere, le prospettive di disponibilità di cibo e di altre necessità vitali non miglioreranno, per molti aspetti peggioreranno.....a meno che le nazioni del mondo agiscano in maniera decisiva per modificare l'andamento attuale". Tale rapporto ebbe, all'epoca, una straordinaria pubblicità ma, attualmente, siamo entrati nel terzo millennio senza evidenti cambiamenti nella situazione mondiale.

Precedentemente, nel 1972, il Club di Roma pubblicò un Rapporto sui limiti dello sviluppo (Meadows D. et al.), commissionato al MIT di Boston, che conquistò l'attenzione dell'opinione pubblica, nel quale si prediceva che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità delle risorse naturali, prima fra tutte il petrolio. Tali previsioni riguardo al progressivo esaurimento delle risorse del pianeta erano tutte relative al periodo successivo all'anno 2000. Una delle conclusioni del rapporto è la seguente: "è possibile modificare i tassi di sviluppo e giungere ad una condizione di stabilità ecologica ed economica, sostenibile anche nel lontano futuro. Lo stato di equilibrio globale dovrebbe essere progettato in modo che le necessità di ciascuna persona sulla terra siano soddisfatte, e ciascuno abbia uguali opportunità di realizzare il proprio potenziale umano".

L'impiego di molte risorse essenziali e la produzione di numerosi tipi di inquinanti da parte dell'umanità hanno già superato i limiti sostenibili dall'ambiente. Se l'attuale tasso di crescita della popolazione, dell'industrializzazione, dell'inquinamento, della produzione di cibo e dello sfruttamento delle risorse continuerà inalterato, i limiti dello sviluppo su questo pianeta saranno raggiunti in un momento imprecisato entro i prossimi cento anni. Il risultato più probabile sarà un' improvviso ed incontrollabile declino della popolazione e della capacità industriale. A detta di alcuni studiosi contemporanei, questo declino è evitabile, ma sono necessari due cambiamenti; da un lato una revisione complessiva delle politiche che perpetuano la crescita della popolazione e dei consumi, dall'altro un uso efficiente dei materiali e dell'energia.

4.5.1. L'importanza del riciclo

Costruire in maniera più sicura e più attenta all'ambiente è possibile. L'edilizia moderna può contare oggi su strumenti e materiali in grado di renderla uno degli assi portanti dell'economia verde globale, riducendo il suo impatto ambientale e creando allo stesso tempo opportunità occupazionali e di business. Nella costruzione di un edificio, già a partire dalla fase di progettazione, occorre prendere in considerazione l'aspetto del riuso e del riciclaggio dei materiali e, nel caso di demolizioni elaborare un concetto di recupero che garantisca e faciliti il riuso e riciclaggio dei vari elementi. La maggior parte dei rifiuti provenienti dalla demolizione degli edifici è costituita, da:

- materiali riutilizzabili per lo stesso uso (mattoni pieni, lastre di pietre naturali, tubi di rame, finestre);
- materiale inerti (laterizio, calcestruzzo, intonaci) che sono recuperabili solo tramite altri processi di trasformazione;
- materiali riciclabili o biodegradabili (legno, tavolate, lino, canapa, pietre naturali, argilla, mattoni crudi);
- materiali riciclabili solo in processi chimici che comportano un alto rischio per l'ambiente e consumano molta energia (materie plastiche);
- materiali non riciclabili che devono essere distrutti (pitture sintetiche, collanti e mastici sintetici, schiume sintetiche).

La demolizione selettiva consente di ottenere dei materiali da costruzione di ottima qualità; dopo la separazione sul cantiere, il materiale di demolizione giunto in centro di lavorazione, viene sottoposto a vagliatura, macinazione e lavaggio. I test eseguiti sui materiali edili riciclati dimostrano che essi possiedono caratteristiche meccaniche e di lavorabilità comparabili ai corrispondenti materiali convenzionali e possono essere impiegati in quasi tutte le costruzioni. L'utilizzo di materiali di recupero, provenienti anche da demolizioni selettive, sia nelle nuove costruzioni, sia nel restauro di edifici esistenti, come ad esempio inerti da demolizione da impiegare per sottofondi, riempimenti, opere esterne, etc. rappresentano una buona pratica per ridurre il consumo di materie prime e di energia. I vantaggi ambientali che vengono riportati sfruttando risorse riciclabili sono:

- Riduzione del consumo di materie prime;
- Riduzione dei consumi energetici;
- Riduzione dei rifiuti in discarica.

4.5.2. Torre per l'ambiente: un edificio-quartiere sostenibile

Per quanto riguarda gli aspetti tecnologici, i principali obiettivi riguardano le prestazioni energetiche e il benessere visivo. Questo è stato possibile grazie allo studio di materiali e sistemi tecnologici innovativi, atti a fornire elevate prestazioni energetiche. Per quanto concerne ai materiali selezionati, si è cercato di utilizzare materiali riciclati o riciclabili, così da avere una riduzione di consumi energetici (nella fabbricazione dei materiali stessi) e una riduzione di consumo della materia prima. Invece, il sistema tecnologico utilizzato per la chiusura verticale opaca è

una facciata ventilata. Questa viene chiamata anche “parete ventilata” ed è un particolare tipo di rivestimento perimetrale delle pareti che prevede l’applicazione a secco, sulla superficie esterna dell’edificio, di pannelli di opportuno spessore, non strettamente aderenti alla struttura. La facciata ventilata è caratterizzata essenzialmente dalla posizione dello strato di rivestimento esterno, che non aderisce alla parete di tamponamento ma ne risulta distanziato per formare un’intercapedine. In questo modo, si ottiene la circolazione naturale dell’aria nello spazio dell’intercapedine, per effetto del moto convettivo prodotto dalla presenza di aperture disposte alla base e alla sommità della facciata. La norma UNI 11018 definisce la facciata ventilata come “un tipo di facciata a schermo avanzato in cui l’intercapedine tra il rivestimento e la parete è progettata in modo tale che l’aria in essa presente possa fluire per effetto camino in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termoenergetiche complessive”.

Le facciate ventilate offrono svariati vantaggi quali:

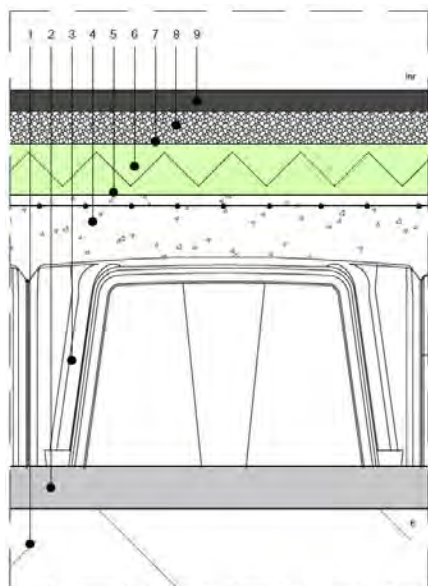
- lo strato termoisolante è protetto dall’umidità proveniente dall’esterno;
- il movimento dell’aria nell’intercapedine contribuisce ad asciugare eventuali infiltrazioni d’acqua e ad allontanare il calore accumulato per irraggiamento solare nello strato di rivestimento, migliorando anche la termocoibenza della parete durante il periodo invernale.

Per aderire ancora di più al tema del riciclo nel campo edile si è progettata la struttura portante completamente in acciaio (ad esclusione del core in c.a., che funge anche da controvento), con un solaio portante composto dalla lamiera grecata e pannelli OSB4, con funzione portante.

Contemporaneamente alla stesura degli abachi tecnologici, utilizzati in seguito all’interno del progetto, sono state studiate le stratigrafie dell’intera struttura, garantendo l’utilizzo di materiali riciclati e performanti; laddove necessario, sono poi state effettuate le verifiche dei parametri termici igrometrici e dinamici dei componenti opachi tramite il programma offerto da “STEFERITE, l’isolante termico”.

4.5.2.1. Abaco tecnologico

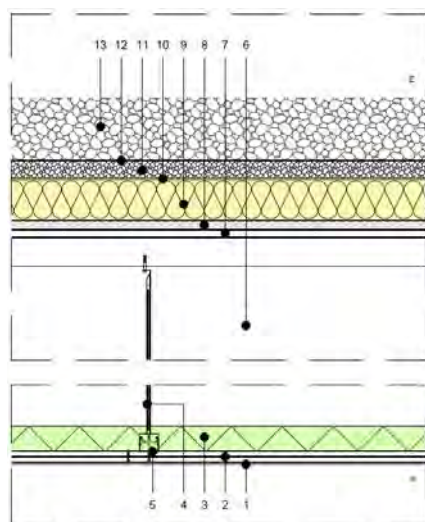
C.O.01 - CHIUSURA ORIZZONTALE -Solaio controterra



1. Terreno naturale
2. Strato di livellazione in magrone in c.a. sp. 100 mm
3. Strato di casseri a perdere per fondazioni areate (tipo CUPLEX H 50 E BETON STOP) - dim. 570x570x500 mm
4. Strato portante in c.a. con rete elettrosaladata Ø10 mm, di maglia 10x10 cm - sp.100 mm
5. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
6. Strato di coibentazione termica in doppio pannello termoisolante in fibra di legno (tipo NATURABOARD), in lastre di 135 x 60 cm; $\lambda = 0,048 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 120 mm
7. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
8. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticalpestio ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenschuttung) - sp. 75 mm
9. Strato di percorrenza carrabile, con strato intermedio bituminoso - sp. 50 mm

Figura 82 – C.O. - Solaio controterra,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

C.O.02 - CHIUSURA ORIZZONTALE - Copertura superiore



1. Strato di rivestimento in intonaco (tipo STOVENEC R) - sp.15 m
2. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso -sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
3. Strato di coibentazione termica in pannello termoisolante in fibra di legno (tipo NATURABOARD), in lastre di 135 x 60 cm; $\lambda = 0,048 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 60 mm
4. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
5. Strato di orditura metallica in profilo guida a "U" in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
6. Trave secondaria
7. Lamiera grecata (tipo Fermetal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
8. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
9. Strato di coibentazione termica in lastre di polistirene espandibile (tipo NQCI NEPOR), $\lambda = 0,037 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 33 kg/m³ - Sp. 100 mm
10. Strato di separazione in TNT - sp. 2 mm
11. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione massetto di pendenza 1,5% (tipo KNAUF Trockenschuttung) - sp. 45 mm
12. Guaina impermeabilizzante (tipo DUPONT TYVEK) - sp. 2 mm
13. Strato di zavorra in ghiaia drenante - h. 150 mm

Figura 83 – C.O. - Copertura piana,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

C.O.03 - CHIUSURA ORIZZONTALE - Solaio su spazi non riscaldati

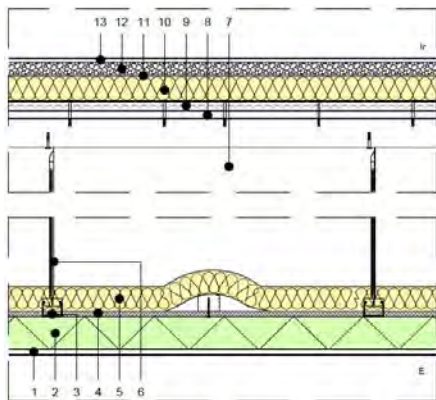


Figura 84 – C.O. - Solaio su spazi “nr”,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autopercoranti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso - sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
2. Pannello di isolante in poliuretano espanso fra due supporti di cui, quello della faccia superiore in velo di vetro bitumato e quello della faccia inferiore in velo di vetro saturato - sp. 80 mm
3. Strato di orditura metallica in profilo guida a “U” in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
4. Strato divisorio in lastra in cemento fibrorinforzato in fibra di vetro (tipo KNAUF AQUAPANEL Outdoor) - sp. 12,5 mm
5. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 40 mm
6. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
7. Trave secondaria
8. Lamiera grecata (tipo Fermetal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
9. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
10. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 60 mm
11. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
12. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticalpestio ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenschuttung) - sp. 68 mm
13. Strato di rivestimento interno in gres porcellanato (tipo TAPIFLEX EXCELLENCE 65) - sp. 3 mm

P.O.01 - PARTIZIONE ORIZZONTALE - Solaio divisorio interno tra P0 e P-1

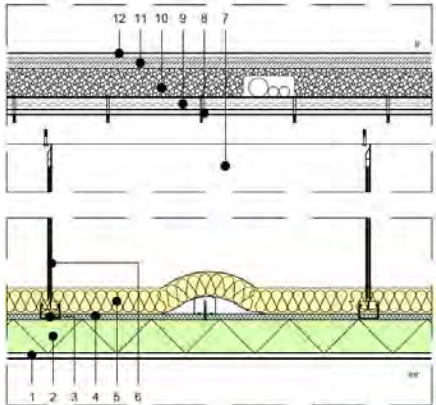
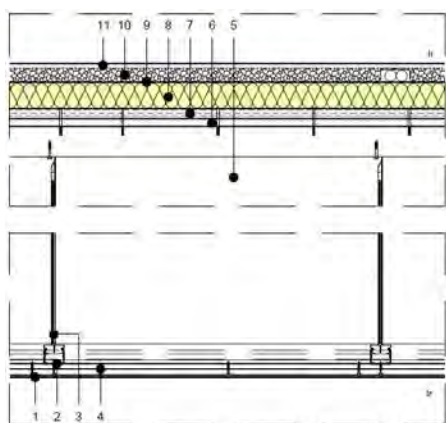


Figura 85 – P.O. - Solaio interpiano,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autopercoranti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso - sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
2. Pannello di isolante in poliuretano espanso fra due supporti di cui, quello della faccia superiore in velo di vetro bitumato e quello della faccia inferiore in velo di vetro saturato - sp. 80 mm
3. Strato di orditura metallica in profilo guida a “U” in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
4. Strato divisorio in lastra in cemento fibrorinforzato in fibra di vetro (tipo KNAUF AQUAPANEL Outdoor) - sp. 12,5 mm
5. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 40 mm
6. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
7. Trave secondaria
8. Lamiera grecata (tipo Fermetal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
9. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
10. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticalpestio ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenschuttung) - sp. 68 mm
11. Strato di ripartizione dei carichi in doppia lastra speciale in gesso rivestito (tipo KNAUF PavilastraF145) - sp. 2x12,5 mm
12. Strato di rivestimento interno in gres porcellanato (tipo TAPIFLEX EXCELLENCE 65) - sp. 3 mm

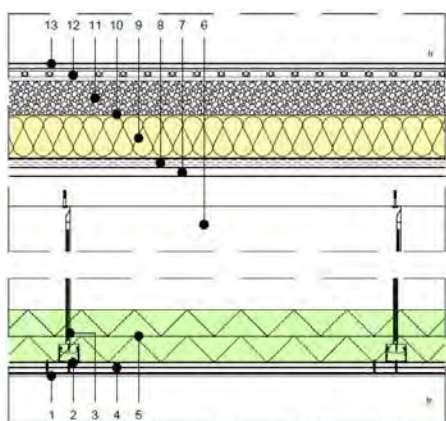
P.O.02 - PARTIZIONE ORIZZONTALE - Solaio divisorio interno



1. Strato di rivestimento finale in intonaco (tipo STOVENTECR) - Sp. 6 mm
2. Strato di orditura metallica in profilo guida a "U" in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
3. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
4. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso -sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
5. Trave secondaria
6. Lamiera grecata (tipo Fermal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
7. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
8. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 60 mm
9. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
10. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticorrosione ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenshuttung) - sp. 30 mm
11. Strato di rivestimento interno in gres porcellanato (tipo TAPIFLEX EXCELLENCE 65) - sp. 10 mm

Figura 86 – P.O. - Solaio interpiano, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

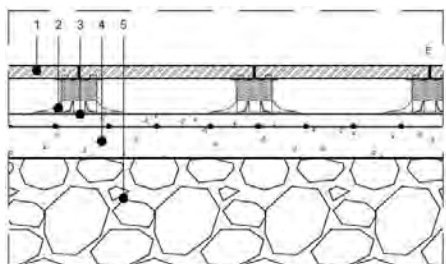
P.O.03 - PARTIZIONE ORIZZONTALE - Solaio divisorio interno per attività



1. Strato di rivestimento finale in intonaco (tipo STOVENTECR) - Sp. 6 mm
2. Strato di orditura metallica in profilo guida a "U" in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
3. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
4. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso -sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
5. Doppio pannello di isolante in poliuretano espanso fra due supporti di cui, quello della faccia superiore in velo di vetro bitumato e quello della faccia inferiore in velo di vetro saturato - sp. 120 mm
6. Trave secondaria
7. Lamiera grecata (tipo Fermal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
8. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
9. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 100 mm
10. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
11. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticorrosione ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenshuttung) - sp. 75 mm
12. Sistema radiante a pavimento (tipo GIACOMINI -SISTEMA KLIMA DRY - R884) realizzato con pannello isolante in poliestirene espanso, accoppiato ad incastro con un profilo conduttore costituito da una lamina in alluminio (sp. 0,3 mm) - sp. 30 mm
13. Strato di rivestimento interno in gres porcellanato (tipo TAPIFLEX EXCELLENCE 65) - sp. 10 mm

Figura 87 – P.O. - Solaio interpiano, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

P.O.E.01 - PARTIZIONE ORIZZONTALE ESTERNA - Pavimento PO



1. Strato di rivestimento esterno in piastrelle di gres porcellanato - Sp. 30 mm
2. Sistema di ancoraggio a secco delle piastrelle in piedini regolabili (tipo PEDESTAL SB)
3. Strato di impermeabilizzazione in membrana in base autotermodesiva, in bitume distillato polimero elastoplastico (tipo AUTOTENE BASE EP INDEX) - Sp. 3 mm
4. Strato portante in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata - Sp. 100 mm
5. Strato di ghiaia drenante

Figura 88 – P.O.E. - Pavimentazione esterna, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

P.O.E.02 - PARTIZIONE ORIZZONTALE ESTERNA - Terrazza

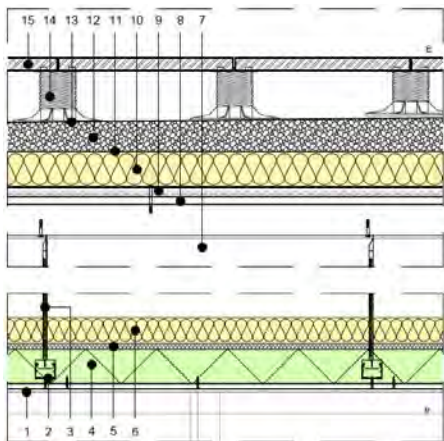


Figura 89 – P.O.E. - Balcone, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento finale in intonaco (tipo STOVENTECR) - Sp. 6 mm
2. Strato di orditura metallica in profilo guida a "U" in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
3. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
4. Pannello di isolante in poliuretano espanso fra due supporti di cui, quello della faccia superiore in velo di vetro bitumato e quello della faccia inferiore in velo di vetro saturato - sp. 80 mm
5. Strato divisorio in lastra in cemento fibrinforzato in fibra di vetro (tipo KNAUF AQUAPANEL Outdoor) - sp. 12,5 mm
6. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 40 mm
7. Trave secondaria
8. Lamiera grecata (tipo Fermetal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
9. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
10. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 60 mm
11. Strato di protettivo in carta Kraft - sp. 0,1 mm
12. Strato di regolazione in inerte granulare a base di perlite ricoperta di anidrite con funzione di anticalpestio ed alloggiamento corrugati e tubazioni idrico-sanitarie (tipo KNAUF Trockenschuttung) con pendenza del 3% per drenaggio acqua.
13. Strato di impermeabilizzazione in membrana in base autotermodesiva, in bitume distillato polimero elastoplastico (tipo AUTOTENE BASE EP INDEX) - Sp. 3 mm
14. Sistema di ancoraggio a secco delle piastrelle in piedini regolabili (tipo PEDESTAL SB)
15. Strato di rivestimento esterno in piastrelle di gres porcellanato - Sp. 30 mm

P.O.E.03 - PARTIZIONE ORIZZONTALE ESTERNA - Balcone

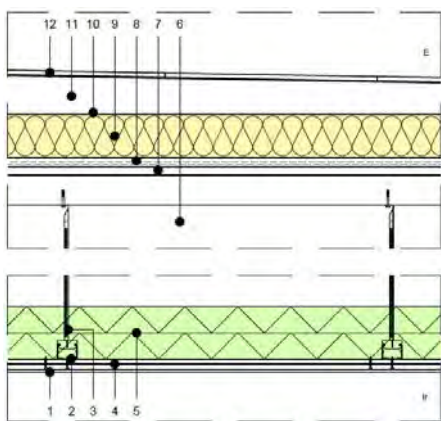


Figura 90 – P.O.E. - Terrazza, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento finale in intonaco (tipo STOVENTECR)n- Sp. 6 mm
2. Strato di orditura metallica in profilo guida a "U" in acciaio zincato (tipo KNAUF Profilo a U 40/50/40), profilo di 40x50 mm - sp. 0,6 mm
3. Sistema a controsoffitto a fettucce metalliche KNAUF
4. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso -sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
5. Doppio pannello di isolante in poliuretano espanso fra due supporti di cui, quello della faccia superiore in velo di vetro bitumato e quello della faccia inferiore in velo di vetro saturato - sp. 120 mm
6. Trave secondaria
7. Lamiera grecata (tipo Fermetal FM 75/570 in Acciaio S250GD), h. 80 mm - sp. 10 mm
8. Pannello OSB - Dim. 2500 x 700 x 30 mm
9. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sp. 100 mm
10. Strato di impermeabilizzazione in membrana bugnata in polietilene ad alta densità
11. Strato di desolidarizzazione (sabbia 5 cm con pendenza del 2/3%, strato di protezione in carta Kraft, strato di impermeabilizzazione)
12. Strato di rivestimento esterno in gres porcellanato (con malta di allattamento - sp.25 mm) - sp. 10 mm

C.V.01 - CHIUSURA VERTICALE - Parete perimetrale con intercapedine impianti

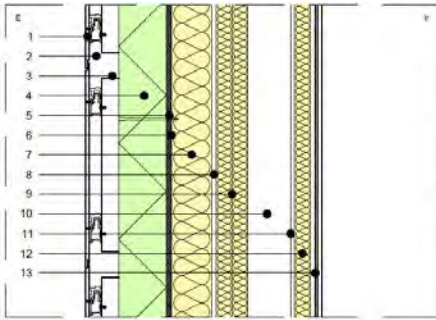


Figura 91 – C.V. - Parete perimetrale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento in lastre di fibrocemento tipo "EQUITONE textura" - Dim. 500 x 3000 x 12 mm
2. Camera d'aria per ventilazione naturale facciata - Sp. 40 mm
3. Sistema di ancoraggio del rivestimento con struttura in acciaio inox, con elemento in plastica ancorato con viti autop perforante; fissaggio con profilo "L"
4. Strato di coibentazione termica in polistirene espandibile e grafite (tipo NQCLNEOPOR), $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 15 kg/m^3 - Sp. 120 mm, fissaggio tramite tassello ad espansione con corpo in polipropilene, lunghezza 150 mm, almeno 5/mq (tipo DBM 175 TOP-FIS), e malta adesiva (tipo RASOKOL-EXT) costituita da resine acriliche miscelate a cemento, sp. 5 mm
5. Strato divisorio in lastra in cemento fibrorinforzato in fibra di vetro (tipo KNAUF AQUAPANEL Outdoor) - Sp. 12,5 mm
6. Strato protettivo in membrana traspirante antivento (tipo DUJPONT TYVEK) - Sp. 0,2 mm
7. Strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere riciclato da bottiglie in PET postconsumo (tipo FREUDENBERG POLITEX Ecozero) $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sp. 100 mm
8. Strato divisorio in lastra in gessofibra tipo "KNAUF VIDIWALL" - Sp. 12,5 mm
9. Doppio strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere tipo "FREUDENBERG POLITEX ECOZERO" $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sp. 40+40 mm
10. Intercapedine impiantistica - Sp. 160 mm
11. Intercapedine non ventilata - Sp. 10 mm
12. Strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere riciclato da bottiglie in PET postconsumo (tipo FREUDENBERG POLITEX Ecozero) $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 100 kg/m^3 - Sp. 40 mm
13. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF), sp. 2 x 12,5 mm, fissato con viti autop perforanti per gessofibra 2,5x35 mm e 2,5x45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso, sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)

C.V.02 - CHIUSURA VERTICALE - Parete perimetrale

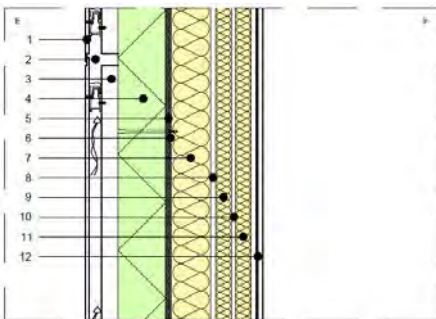
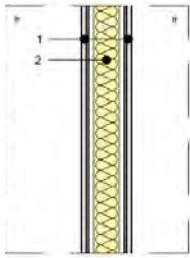


Figura 92 – C.V. - Parete perimetrale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo

1. Strato di rivestimento in lastre di fibrocemento tipo "EQUITONE textura" - Dim. 500 x 3000 x 12 mm
2. Camera d'aria per ventilazione naturale facciata - Sp. 40 mm
3. Sistema di ancoraggio del rivestimento con struttura in acciaio inox, con elemento in plastica ancorato con viti autop perforante; fissaggio con profilo "L"
4. Strato di coibentazione termica in polistirene espandibile e grafite (tipo NQCLNEOPOR), $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 15 kg/m^3 - Sp. 120 mm, fissaggio tramite tassello ad espansione con corpo in polipropilene, lunghezza 150 mm, almeno 5/mq (tipo DBM 175 TOP-FIS), e malta adesiva (tipo RASOKOL-EXT) costituita da resine acriliche miscelate a cemento, sp. 5 mm
5. Strato divisorio in lastra in cemento fibrorinforzato in fibra di vetro (tipo KNAUF AQUAPANEL Outdoor) - Sp. 12,5 mm
6. Strato protettivo in membrana traspirante antivento (tipo DUJPONT TYVEK) - Sp. 0,2 mm
7. Strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere riciclato da bottiglie in PET postconsumo (tipo FREUDENBERG POLITEX Ecozero) $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sp. 100 mm
8. Strato divisorio in lastra in gessofibra tipo "KNAUF VIDIWALL" - Sp. 12,5 mm
9. Doppio strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere tipo "FREUDENBERG POLITEX ECOZERO" $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sp. 40+40 mm
10. Intercapedine non ventilata - Sp. 10 mm
11. Strato di coibentazione termoacustica in materassino in fibra di poliestere riciclato da bottiglie in PET postconsumo (tipo FREUDENBERG POLITEX Ecozero) $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 100 kg/m^3 - Sp. 40 mm
12. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF), sp. 2 x 12,5 mm, fissato con viti autop perforanti per gessofibra 2,5x35 mm e 2,5x45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso, sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)

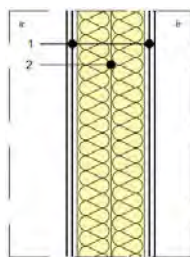
P.V.01 - PARTIZIONE VERTICALE - Parete divisoria interna fonoisolante



1. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - Sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso - Sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
2. Strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 40 kg/m³ - Sp. 60 mm

Figura 93 – P.V. - Parete interna,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

P.V.02 - PARTIZIONE VERTICALE - Doppia parete divisoria interna fonoisolante



1. Strato di rivestimento interno in doppie lastre di gessofibra rivestite con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio (tipo KNAUF) - Sp. 2x1.25 cm, fissato con viti autoperforanti per gessofibra 2,5 x 35 mm e 2,5 x 45 mm (tipo KNAUF vite V.R.), stuccato con coprifuga in gesso - Sp. 5 mm (tipo KNAUF Uniflott)
2. Doppio strato di coibentazione termica in pannelli isolanti in lana di canapa (tipo CELENIT LC/30) $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$, densità 40 kg/m³ - Sp. 80+80 mm

Figura 94 – P.V. - Parete interna,
restituzione grafica Bernardi Lorenzo

4.5.2.2. Verifica dei parametri termici igrometrici e dinamici

Lo studio del comportamento termico delle chiusure opache in regime variabile risulta più complesso rispetto al caso di regime stazionario, dove la trasmittanza della parete U [$W/(m^2 \cdot K)$] ne descrive in modo esaustivo il comportamento. Nel caso di regime variabile, condizione peraltro corrispondente alle effettive condizioni in cui opera un muro, non possono essere ignorati gli effetti dell'inerzia termica e, nel caso di pareti multistrato, l'ordine di disposizione dei vari strati. La capacità termica e la sua distribuzione nella parete giocano un ruolo importante nell'efficienza dei processi di riscaldamento e raffreddamento degli ambienti. In estate, quando ci sono grandi sbalzi di temperatura esterna, pareti con elevata inerzia termica sono in grado di alleviare e ritardare notevolmente gli sbalzi di temperatura sulla superficie interna del muro. Di conseguenza, anche il flusso di calore trasferito verso l'interno sarà più debole in quanto parte dell'energia immagazzinata dalle pareti durante la notte verrà restituita all'esterno. Affinché questo processo sia efficace, lo sfasamento deve essere tale che nelle ore serali, quando la temperatura dell'aria esterna è più bassa, porti i picchi di temperatura sulla superficie interna, e quindi sia possibile il raffreddamento per ventilazione. Molte proprietà dei materiali da costruzione sono influenzate dalla loro umidità: in particolare, le principali proprietà modificate sono la durata, la resistenza della struttura, le proprietà di isolamento termico, il grado di finitura superficiale: in questo contesto si ricordano gli intonaci che si gonfiano e si fessurano, la formazione di muffe e crepe dovute alla possibile presenza di gelo. Nell'ambiente interno, la concentrazione di vapore è il più delle volte superiore a quella dell'aria esterna; Ciò è dovuto al fatto che al suo interno sono presenti fonti di vapore legate agli abitanti (ogni persona produce in media $0,1 \text{ kg / h}$ di vapore), alla cottura dei cibi, al lavaggio degli indumenti e all'igiene personale. Per questo motivo il vapore tende a diffondersi attraverso le strutture perimetrali dell'edificio, che sono costruite con materiali porosi dall'interno verso l'esterno. Il contenuto di vapore dell'aria è al suo valore massimo, chiamato valore di saturazione (che corrisponde alla pressione di saturazione p_s), dopodiché il vapore si condensa in acqua. Questo contenuto massimo dipende dalla temperatura ed è tanto maggiore quanto più alta è la temperatura. Questo spiega il noto fenomeno della condensa sulle superfici fredde: in inverno, quando l'aria interna viene a contatto con le superfici vetrate esposte verso l'esterno, e quindi ad una temperatura inferiore alla temperatura dell'aria ambiente, può accadere che questo raffreddamento l'aria ha un contenuto di umidità superiore a quello massimo consentito dalla temperatura del serramento, e quindi parte del vapore si condensa sulla superficie stessa. In generale, può verificarsi condensa sulla superficie della parete, condensa superficiale o all'interno della parete, provocando condensa interstiziale. La condensa tra gli strati o all'interno delle pareti di un edificio può portare a cambiamenti nelle proprietà dei materiali, sia dal punto di vista strutturale che termico. Pertanto, quando si progetta un muro, è importante verificare se ci sono condizioni che causano condensa interstiziale; dopo aver rilevato queste condizioni, è necessario poterle porre rimedio attraverso un'adeguata selezione

dei materiali e le loro conseguenze nel muro. Se tale percorso non è fattibile, occorre verificare se la quantità di condensa nel periodo sfavorevole raggiunge il valore limite che potrebbe danneggiare la struttura (in assenza di informazioni dettagliate, la condensa non può superare $0,5 \text{ kg/m}^2$) e può comunque rievaporare durante il successivo periodo di essiccazione favorevole. Mentre passa attraverso la parete, il vapore può condensare su superfici dove la pressione parziale si satura rispetto alla temperatura superficiale (cioè l'umidità relativa raggiunge il 100%). Per verificarlo si utilizza il Diagramma di Glaser, che consiste nel tracciare la resistenza specifica alla diffusione del vapore (o lo spessore d'aria equivalente dei diversi strati) sull'asse orizzontale sull'asse orizzontale. Lo spessore dell'aria che creerebbe la stessa resistenza alla diffusione per i diversi strati), la pressione di saturazione e la pressione parziale sull'ordinata, il tutto in condizioni stazionarie. In questo diagramma, la pressione parziale del vapore è la linea tra le pressioni parziali interne ed esterne. La verifica della condensazione interstiziale consiste nel verificare che la pressione parziale di vapore p_{vi} sia sempre inferiore alla pressione di saturazione p_s (determinabile conoscendo l'andamento della temperatura all'interno della parete). Per verificare i parametri termici igrometrici e dinamici di elementi edilizi non trasparenti è necessario conoscere i dati della zona climatica in cui si trova l'edificio (Fig. 95).

Dati zona climatica			
Provincia	Milano	Comune	Milano
Gradi giorno	2404	Zona Climatica	E
	U Coperture	U Pareti	U Pavimenti
Parametri Edificio di riferimento DM 26/6/2015*	0.22	0.26	0.26
Ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche DM 26/6/2015*	0.24	0.28	0.29
Valori limite per accedere alle detrazioni (D.M. 26/01/2010)	0.24	0.27	0.30

Figura 95 - Dati zona climatica | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.com

C.O.01 - CHIUSURA ORIZZONTALE -Solaio controterra

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Pavimento	
Spessore (s)	94.5 cm	
Massa Superficiale (m)	468 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.189 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	5.297 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica (Y _R)	0.004 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K _i)	56.3kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K _e)	68.2kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.020	
Sfasamento (φ)	24.00 h	
Ammettenza Termica interna (Y _{ti})	4.095 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y _{te})	4.966 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	468 Kg/m ²	

Figura 96 – Parametri termici, Solaio controterra | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1405.27	1.70	590.00
Febbraio	20.00	1348.89	4.20	645.00
Marzo	20.00	1424.14	9.20	943.00
Aprile	20.00	1430.30	14.00	1163.00
Maggio	20.00	1419.56	17.90	1326.00
Giugno	22.60	1840.00	22.60	1840.00
Luglio	25.10	1736.00	25.10	1736.00
Agosto	24.10	2012.00	24.10	2012.00
Settembre	20.40	1921.00	20.40	1921.00
Ottobre	20.00	1679.30	14.00	1412.00
Novembre	20.00	1497.06	7.90	958.00
Dicembre	20.00	1423.90	3.10	671.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

Figura 97 – Verifica igrometrica, Solaio controterra | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

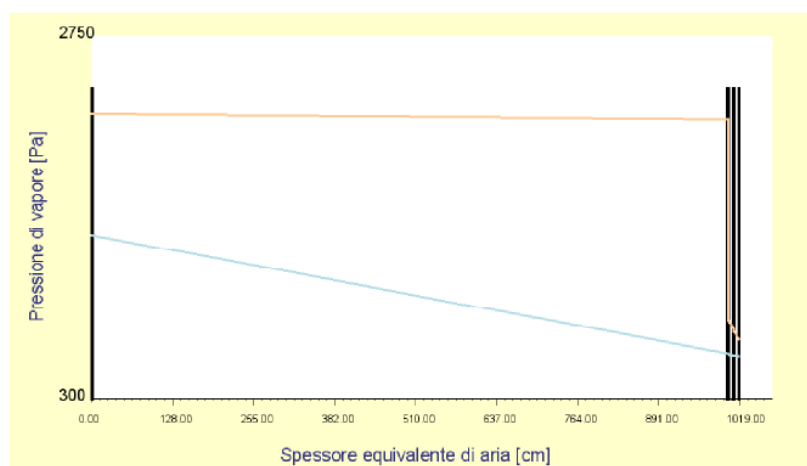


Figura 98 – Grafico condensa, Solaio controterra | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

C.O.02 - CHIUSURA ORIZZONTALE - Copertura superiore

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Copertura	
Spessore (s)	77,9 cm	
Massa Superficiale (m)	83 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.158 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	6.345 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica (Y _R)	0.032 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K _i)	38.5kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K _e)	7.9kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.205	
Stasamento (q)	10.84 h	
Ammettenza Termica interna (Y _{it})	2.773 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y _{et})	0.552 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	83 Kg/m ²	

Figura 99 – Parametri termici, Copertura superiore | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1405.27	1.70	590.00
Febbraio	20.00	1348.89	4.20	645.00
Marzo	20.00	1424.14	9.20	943.00
Aprile	20.00	1430.30	14.00	1163.00
Maggio	20.00	1419.56	17.90	1326.00
Giugno	22.60	1840.00	22.60	1840.00
Luglio	25.10	1736.00	25.10	1736.00
Agosto	24.10	2012.00	24.10	2012.00
Settembre	20.40	1921.00	20.40	1921.00
Ottobre	20.00	1679.30	14.00	1412.00
Novembre	20.00	1497.06	7.90	958.00
Dicembre	20.00	1423.90	3.10	671.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

Figura 100 – Verifica igrometrica, Copertura superiore | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

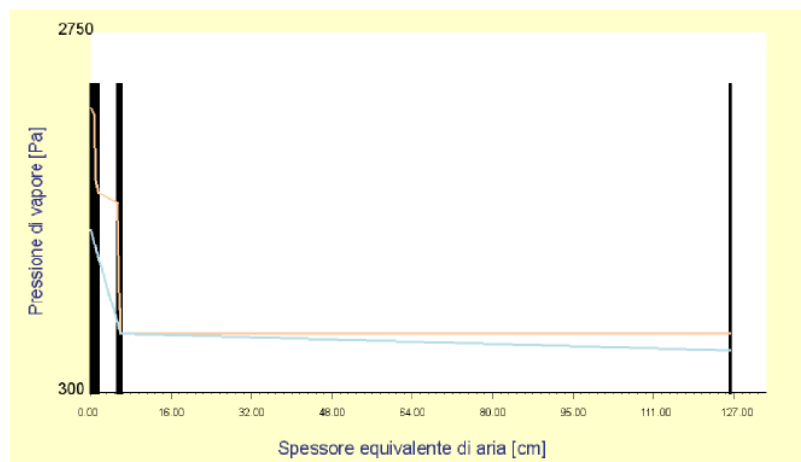


Figura 101 – Grafico condensa, Copertura superiore | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

C.O.03 - CHIUSURA ORIZZONTALE - Solaio su spazi non riscaldati

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Copertura	
Spessore (s)	81.1 cm	
Massa Superficiale (m)	95 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.135 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	7.381 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Modulo		
Trasmittanza termica periodica (Y _{ie})	0.014 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K _i)	33.7kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K _e)	10.4kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.105	
Sfasamento (φ)	24.00 h	
Ammettenza Termica interna (Y _{ii})	2.445 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y _{ee})	0.747 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	95 Kg/m ²	

Figura 102 – Parametri termici, Solaio su spazi “nr” | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1405.27	1.70	590.00
Febbraio	20.00	1348.89	4.20	645.00
Marzo	20.00	1424.14	9.20	943.00
Aprile	20.00	1430.30	14.00	1163.00
Maggio	20.00	1419.56	17.90	1326.00
Giugno	22.60	1840.00	22.60	1840.00
Luglio	25.10	1736.00	25.10	1736.00
Agosto	24.10	2012.00	24.10	2012.00
Settembre	20.40	1921.00	20.40	1921.00
Ottobre	20.00	1679.30	14.00	1412.00
Novembre	20.00	1497.06	7.90	958.00
Dicembre	20.00	1423.90	3.10	671.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

Figura 103 – Verifica igrometrica, Solaio su spazi “nr” | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

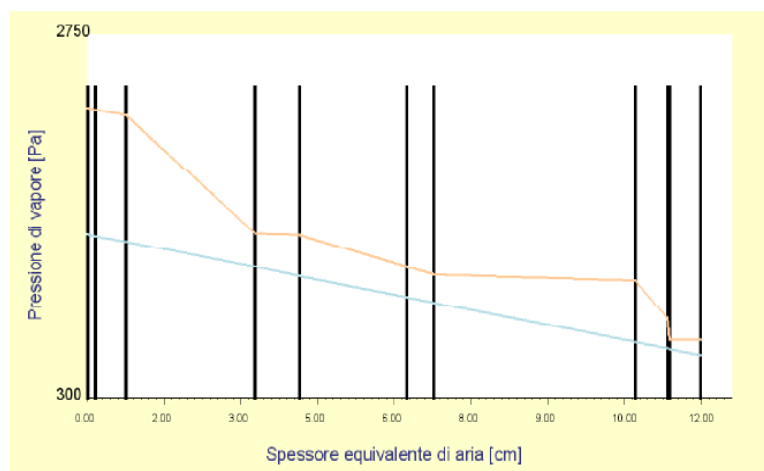


Figura 104 – Grafico condensa, Solaio su spazi “nr” | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

C.V.01 - CHIUSURA VERTICALE - Parete perimetrale con intercapedine impianti

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	61.2 cm	
Massa Superficiale (m)	95 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.090 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	11.061 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica (Y _R)	0.005 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K _i)	22.9kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K _e)	29.9kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.053	
Sfasamento (φ)	24.00 h	
Ammettenza Termica interna (Y _{ti})	1.668 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y _{te})	2.176 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	95 Kg/m ²	

Figura 105 – Parametri termici, Parete perimetrale con impianti | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1405.27	1.70	590.00
Febbraio	20.00	1348.89	4.20	645.00
Marzo	20.00	1424.14	9.20	943.00
Aprile	20.00	1430.30	14.00	1163.00
Maggio	20.00	1419.56	17.90	1326.00
Giugno	22.60	1840.00	22.60	1840.00
Luglio	25.10	1736.00	25.10	1736.00
Agosto	24.10	2012.00	24.10	2012.00
Settembre	20.40	1921.00	20.40	1921.00
Ottobre	20.00	1679.30	14.00	1412.00
Novembre	20.00	1497.06	7.90	958.00
Dicembre	20.00	1423.90	3.10	671.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

Figura 106 – Verifica igrometrica, Parete perimetrale con impianti | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

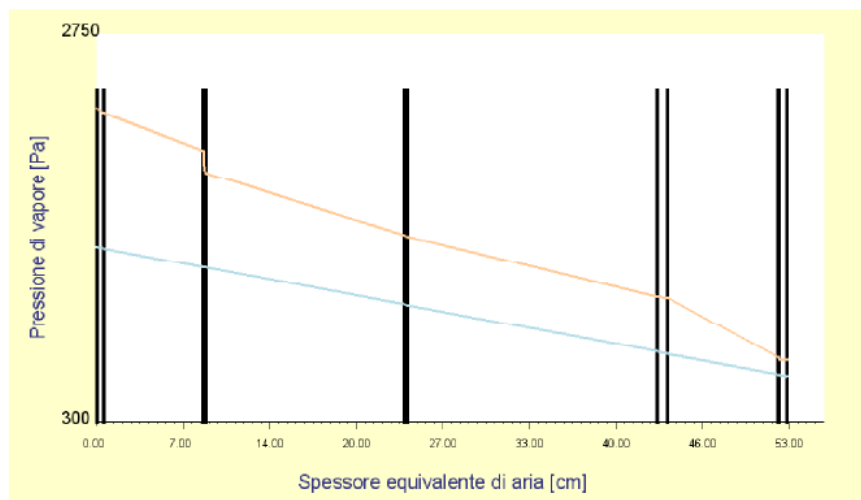


Figura 107 – Grafico condensa, Parete perimetrale con impianti | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

C.V.02 - CHIUSURA VERTICALE - Parete perimetrale

Descrizione della Struttura e Parametri Termici		Statigrafia della struttura
Tipo di struttura	Parete	
Spessore (s)	45.2 cm	
Massa Superficiale (m)	95 Kg/m ²	
Trasmittanza Termica (U)	0.093 W/m ² K	
Resistenza Termica (R)	10.775 m ² K/W	
Parametri Termici Dinamici		
Trasmittanza termica periodica (Y _{ik})	0.005 W/m ² K	
Capacità termica areica interna (K _i)	22.9kJ/m ² K	
Capacità termica areica esterna (K _e)	29.9kJ/m ² K	
Fattore di attenuazione (f)	0.056	
Sfasamento (φ)	24.00 h	
Ammettenza Termica interna (Y _{it})	1.669 W/m ² K	
Ammettenza Termica esterna (Y _{et})	2.176 W/m ² K	
Massa superficiale esclusi intonaci	95 Kg/m ²	

Figura 108 – Parametri termici, Parete perimetrale | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

Mese	Ti (°C)	Pi (Pa)	Te (°C)	Pe (Pa)
Gennaio	20.00	1405.27	1.70	590.00
Febbraio	20.00	1348.89	4.20	645.00
Marzo	20.00	1424.14	9.20	943.00
Aprile	20.00	1430.30	14.00	1163.00
Maggio	20.00	1419.56	17.90	1326.00
Giugno	22.60	1840.00	22.60	1840.00
Luglio	25.10	1736.00	25.10	1736.00
Agosto	24.10	2012.00	24.10	2012.00
Settembre	20.40	1921.00	20.40	1921.00
Ottobre	20.00	1679.30	14.00	1412.00
Novembre	20.00	1497.06	7.90	958.00
Dicembre	20.00	1423.90	3.10	671.00

Legenda

Ti	Temperatura interna	Pi	Pressione vapore interna
Te	Temperatura esterna	Pe	Pressione vapore esterna

Figura 109 – Verifica igrometrica, Parete perimetrale | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

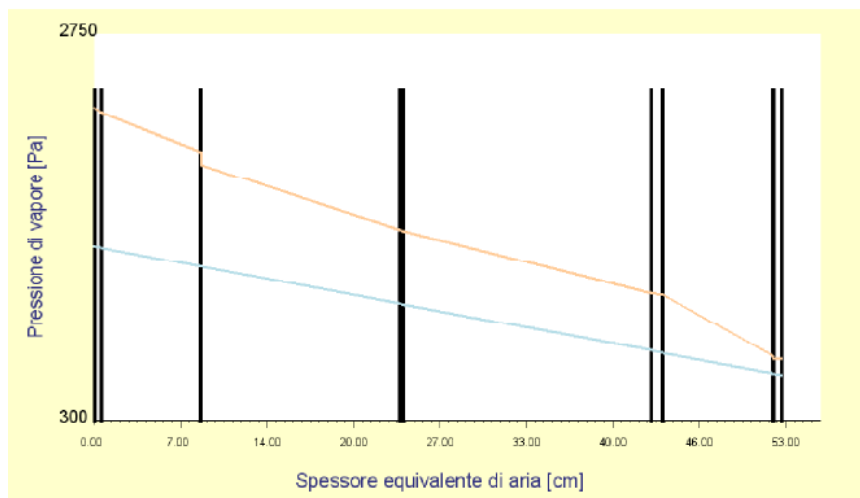


Figura 110 – Grafico condensa, Parete perimetrale | Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it

4.5.3. Energie rinnovabili

Sono da considerarsi energie rinnovabili quelle forme di energia generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano o non sono “esauribili” nella scala dei tempi “umani” e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future.

Sono dunque generalmente considerate “fonti di energia rinnovabile” il sole, il vento, il mare, il calore della Terra, ovvero quelle fonti il cui utilizzo attuale non ne pregiudica la disponibilità nel futuro, mentre quelle “non rinnovabili”, sia per avere lunghi periodi di formazione di molto superiori a quelli di consumo attuale, in particolare fonti fossili quali petrolio, carbone, gas naturale, sia per essere presenti in riserve non inesauribili sulla scala dei tempi umana, in particolare l'isotopo 235 dell'uranio, l'elemento attualmente più utilizzato per produrre energia nucleare, sono limitate nel futuro.

4.5.3.1. Fotovoltaico

Sviluppata alla fine degli anni 50 nell'ambito dei programmi spaziali, per i quali occorreva disporre di una fonte di energia affidabile ed inesauribile, la tecnologia fotovoltaica (FV) si va oggi diffondendo molto rapidamente, come l'alimentazione di utenze isolate o gli impianti installati sugli edifici e collegati ad una rete elettrica preesistente. Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica (c.c.) senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Il materiale semiconduttore quasi universalmente impiegato oggi a tale scopo è il silicio.

Il componente base di un impianto FV è la cella fotovoltaica. Più celle assemblate e collegate tra di loro in un'unica struttura formano il modulo fotovoltaico (pannello). A seconda della tensione necessaria all'alimentazione delle utenze elettriche, più moduli possono poi essere collegati in serie in una “stringa”. La potenza elettrica richiesta determina poi il numero di stringhe da collegare in parallelo per realizzare finalmente un generatore fotovoltaico (campo fotovoltaico).

Il trasferimento dell'energia dal sistema fotovoltaico all'utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi, necessari per trasformare e adattare la corrente continua prodotta dai moduli alle esigenze dell'utenza finale. Il complesso di tali dispositivi prende il nome di BOS (Balance of System). Un componente essenziale del BOS, se le utenze devono essere alimentate in corrente alternata, è l'inverter, dispositivo che converte la corrente continua in uscita dal generatore FV in corrente alternata.

La cella fotovoltaica

Il fotovoltaico si basa sulla capacità di alcuni semiconduttori, come il silicio, di generare direttamente energia elettrica quando vengono esposti alla radiazione solare. La conversione della radiazione solare in una corrente di elettroni avviene nella cella fotovoltaica, che è l'elemento base del processo di trasformazione della radiazione solare in energia elettrica, un dispositivo costituito da una sottile

fetta di materiale semiconduttore, molto spesso silicio, opportunamente trattata. Tale trattamento è caratterizzato da diversi processi chimici, tra i quali si hanno i cosiddetti “drogaggi”. Inserendo nella struttura cristallina del silicio delle impurità, cioè atomi di boro e fosforo, si genera un campo elettrico e si rendono anche disponibili le cariche necessarie alla formazione della corrente elettrica. Questa si crea quando la cella, le cui due facce sono collegate ad un utilizzatore, è esposta alla luce. La luce è composta da particelle, i fotoni, che trasportano energia. Quando un fotone con sufficiente energia colpisce la cella, viene assorbito dai materiali semiconduttori e libera un elettrone. L’elettrone, una volta libero, lascia dietro di sé una carica positiva detta lacuna. Quindi, quanto maggiore sarà la quantità di fotoni che colpiscono la cella, tanto più numerose saranno le coppie elettrone-lacuna generate per effetto fotovoltaico e quindi più elevata la quantità di corrente prodotta.

L’energia che si può poi sfruttare dipende dalle caratteristiche del materiale di cui è costituita la cella: l’efficienza di conversione (percentuale di energia contenuta nelle radiazioni solari che viene trasformata in energia elettrica disponibile ai morsetti) per celle commerciali al silicio è in genere compresa tra il 13% e il 17%, mentre realizzazioni speciali di laboratorio hanno raggiunto valori del 32,5%.

Attualmente il materiale più utilizzato è il silicio mono-cristallino che una resa ed una durata superiori a qualunque altro tipo di silicio:

- Silicio Mono-cristallino: Resa energetica fino 15 - 17 %;
- Silicio Poli-cristallino: Resa energetica fino 12 - 14 %;
- Silicio Amorfo: Resa energetica meno del 10%.

La cella fotovoltaica è fatta da un wafer di silicio, generalmente di forma quadrata, con circa 10cm di lato, una superficie compresa tra 100 e 225m², e di uno spessore che varia fra i 0,25 ai 0,35mm, con una superficie pari a circa 100cm² ed è in grado di produrre, una corrente compresa tra i 3 e i 4 A e una tensione di circa 0,5 V, con una potenza corrispondente di circa 1,5-2Wp Watt di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25 °C con un irraggiamento di 1 kW/m² e in condizioni di AM1,5. La potenza in uscita da un dispositivo FV quando esso lavora in tali condizioni standard prende il nome di potenza di picco (Wp) ed è un valore che viene usato come riferimento. L’output elettrico reale in esercizio è in realtà minore del valore di picco a causa delle temperature più elevate e dei valori più bassi della radiazione.

Oltre al silicio di tipo cristallino, ultimamente si nota un forte interesse, da parte di diverse aziende produttrici, a realizzare linee di produzione di moduli basati sul silicio amorfo. Con l’amorfo, in realtà, non si può parlare di celle, in quanto si tratta di deposizioni di silicio (appunto allo stato amorfo) su superfici che possono anche essere ampie. Il silicio amorfo è presente sul mercato già da diversi anni, ma fino ad ora non si era guadagnato una quota di mercato significativa, soprattutto a causa dei dubbi esistenti sulla sua stabilità nel tempo: col passare degli anni spesso si verificava una riduzione delle prestazioni. Ecco che l’amorfo veniva (e viene ancora oggi) usato soprattutto per applicazioni “indoor”, cioè per alimentare piccoli utilizzatori, come calcolatrici tascabili, orologi, gadgets vari.

Di recente si è messa a punto una tecnologia produttiva che realizza più strati

di silicio amorfo, la cosiddetta “eterogiunzione”, che sembra risolvere i passati problemi di stabilità. Per quanto riguarda il costo, il tradizionale silicio amorfo presenta costi minori rispetto al silicio cristallino (mono o multi), mentre l’amorfo a due o tre giunzioni necessita di ulteriori riduzioni di costo affinché possa diffondersi su larga scala.

Le caratteristiche elettriche delle celle fotovoltaiche

Si è già ricordato che la cella fotovoltaica è sostanzialmente un diodo di grande superficie. Esponendola alla radiazione solare, la cella si comporta come un generatore di corrente, il cui funzionamento può essere descritto per mezzo della caratteristica tensione-corrente.

In generale la caratteristica di una cella fotovoltaica è funzione di tre variabili fondamentali: intensità della radiazione solare, temperatura e area della cella. L’intensità della radiazione solare non ha un effetto significativo sul valore della tensione a vuoto; viceversa, l’intensità della corrente di corto circuito varia in modo proporzionale al variare dell’intensità dell’irraggiamento, crescendo al crescere di questo. La temperatura non ha un effetto significativo sul valore della corrente di corto circuito; al contrario, esiste una relazione di proporzionalità tra questa e la tensione a vuoto, diminuendo la tensione al crescere della temperatura. L’area della cella non ha alcun effetto sul valore della tensione; viceversa esiste una diretta proporzionalità tra questa e la corrente disponibile.

In condizioni di corto circuito la corrente generata è massima (I_{sc}), mentre in condizioni di circuito aperto è massima la tensione (V_{oc}). In condizioni di circuito aperto e di corto circuito la potenza estraibile sarà nulla, poiché nella relazione $P=V \cdot I$ sarà nulla la corrente nel primo caso e la tensione nel secondo. Negli altri punti della caratteristica all’aumentare della tensione aumenta la potenza, raggiungendo quindi un massimo e diminuendo repentinamente in prossimità della V_{oc} .

Il modulo fotovoltaico

Le celle solari costituiscono un prodotto intermedio: forniscono valori di tensione e corrente limitati in rapporto a quelli normalmente richiesti dagli apparecchi utilizzatori, sono estremamente fragili, elettricamente non isolate e prive di un supporto meccanico. Esse vengono quindi assemblate in modo da costituire un’unica struttura: il modulo fotovoltaico, che diventa una struttura robusta e maneggevole. Il modulo

FV tradizionale è costituito dal collegamento in serie di 36 celle collegate elettricamente in serie che permettono l’accoppiamento con gli accumulatori da 12 Vcc nominali, per ottenere una potenza in uscita pari a circa 50 Watt, con una superficie che varia dai 0,5 mq ai 1,3 mq, ma oggi, soprattutto per esigenze architettoniche, i produttori mettono sul mercato moduli costituiti da un numero di celle molto più alto e di conseguenza di più elevata potenza, anche fino a 200 Watt per ogni singolo modulo.

Le celle sono assemblate (collegate e saldate tra loro mediante terminali sui contatti anteriori e posteriori in sequenza N-P-N-P-N...) fra uno strato superiore di vetro ed uno strato inferiore di materiale plastico (Tedlar). Si realizza quindi un sandwich avente come parte centrale il piano della cella e intorno, andando

dall'esterno verso l'interno, una lastra di fibra di vetro dotata di ottima trasmittanza e buona resistenza meccanica, seguita da un foglio sigillante di EVA (acetato vinil-etilenico) che permette l'isolamento dielettrico dell'adiacente piano delle celle, seguito posteriormente da un secondo foglio di EVA e da un'altra lastra di vetro o un rivestimento isolante in tedlar. Il semilavorato così preparato viene posto in un forno ad alta temperatura, circa 100°C, temperatura alla quale i componenti si sigillano tra loro, e sotto vuoto spinto, l'EVA passa da traslucido a trasparente e si elimina l'aria residua interna, che potrebbe provocare corrosione a causa del vapor acqueo presente. Il risultato è un blocco unico laminato in cui le celle sono annegate nel materiale plastico fuso. A questo punto vengono aggiunte le cornici, generalmente in alluminio estruso anodizzato (per resistere alla corrosione), in modo da conferire una adeguata resistenza meccanica e di garantire molti anni di funzionamento. Nella parte posteriore del modulo è aggiunta una cassetta di giunzione in cui vengono alloggiati i diodi di by-pass ed i contatti elettrici. Più moduli assemblati meccanicamente tra loro formano il pannello.

La posizione dei moduli fotovoltaici rispetto al sole influisce notevolmente sulla quantità di energia captata e quindi sulla quantità di energia elettrica generata. I parametri che direttamente influiscono sul fenomeno sono:

- angolo di inclinazione rispetto al terreno (angolo di tilt)
- angolo di azimut

La produzione di energia elettrica su base media annua nell'emisfero Nord è massima per l'esposizione Sud con angolo di inclinazione pari alla latitudine locale sottratta di 10° circa. Consideriamo l'influenza dell'angolo di inclinazione (tilt) sulla radiazione incidente di un sistema, rivolto a Sud, che si trovi a Milano, Roma oppure Trapani. Il valore della radiazione incidente è quello giornaliero medio annuo.

Rispetto pertanto alla soluzione ottimale con inclinazione di 30° il sistema fotovoltaico perde circa il 10-12% nell'applicazione su superficie orizzontale e ben il 35% nell'applicazione su facciata verticale. L'influenza dell'angolo di azimut è invece minore. In un intervallo di angoli di azimut compresi tra -45° e + 45° rispetto al Sud (angolo di azimut compreso tra sud-est e sud-ovest) i valori della radiazione incidente non si discostano significativamente dal valore massimo. Orientando infatti i sistemi fotovoltaici a Sud-Est oppure a Sud-Ovest si avrebbe una perdita pari a solo il 5%.

Il BOS (balance of system)

È un termine riferito in genere agli impianti fotovoltaici ed eolici ed esprime in percentuale le perdite di energia che si hanno nell'impianto dovute a vari fattori, quali l'accoppiamento tra i vari moduli FV, i collegamenti con il convertitore, le perdite nei quadri, nei conduttori, ecc. L'energia prodotta dai moduli foto-voltaici viene immagazzinata nelle batterie, per renderla disponibile quando non c'è sufficiente illuminazione. È l'elemento più critico di tutto il sistema, l'unico che esige manutenzione. I requisiti principali sono: costante disponibilità ad assorbire ed erogare energia elettrica in grandi e piccole quantità; erogazione di corrente sufficientemente grande; lunga durata di vita nel funzionamento ciclico; esercizio con poca manutenzione; costi minimi. Tra le batterie disponibili sul mercato, la

più idonea risulta sempre la batteria al piombo, grazie soprattutto al rendimento di carica e scarica e al rapporto tra prezzo e prestazioni.

4.5.3.2. Recupero delle acque

Per molto tempo l'acqua è stata considerata una risorsa illimitata, ma oggi è fondamentale muoversi verso una gestione sempre più sostenibile del ciclo delle acque. Il riutilizzo di acqua piovana, così come il trattamento delle acque grigie, è una soluzione che permette di ridurre il consumo di acqua potabile di qualità per scopi non potabili. L'acqua è una risorsa importantissima per la vita dell'uomo, un bene sempre più prezioso. Oggi l'approvvigionamento idrico, soprattutto in alcune zone del pianeta, è decisamente problematico. Si sono dovuti attendere gravi e concreti problemi di scarsità d'acqua, per valutare l'impatto ambientale delle nostre attività anche sotto questo punto di vista, introducendo buone pratiche di risparmio e di ottimizzazione dell'uso della risorsa idrica sia nei settori produttivi, sia in campo domestico. Considerata l'enorme quantità di acqua potabile che ogni giorno consumiamo, è importante fare propria la logica del risparmio e della gestione sostenibile della risorsa idrica. Tra le varie buone pratiche, la raccolta e l'uso di acqua piovana consente, con apposito trattamento, di utilizzare acqua meno pregiata per alcune attività grazie ad un sistema relativamente economico. Generalmente preleviamo acqua potabile di elevata qualità dall'acquedotto e la utilizziamo indistintamente per scopi potabili e non potabili. Con un sistema di raccolta delle acque piovane, invece, l'acqua viene convogliata in un serbatoio filtrante e stoccata, per poi essere utilizzata per scopi come l'irrigazione, i servizi igienici, il lavaggio dell'auto. Quindi, un sistema di acqua piovana permette un notevole risparmio idrico. Esistono anche dei sistemi che permettono di trasformare quest'acqua filtrata in acqua potabile, ma è necessario un ulteriore trattamento e non sono molto diffusi, in quanto il loro funzionamento è più impegnativo. Per ammortizzare i costi dell'impianto è utile valutare le precipitazioni medie della zona, poiché se minime o eccessive diminuiscono i benefici traibili dal sistema in confronto al tempo di rientro dell'investimento o, viceversa, rispetto agli eccessivi costi di manutenzione.

Un sistema di raccolta delle acque piovane è composto principalmente da una superficie di raccolta, un sistema che convoglia e trasporta l'acqua ad un condotto di drenaggio, fino all'impianto vero e proprio di stoccaggio e trattamento. L'acqua di prima pioggia, in quanto non utilizzata per la raccolta e il riutilizzo, viene deviata attraverso appositi deviatori. In molti casi, nelle applicazioni domestiche si ricorre al tetto come superficie captante e i canali di gronda come sistemi di convoglio verso l'impianto di raccolta dell'acqua piovana. Dopo di che, i pluviali permettono il deflusso dell'acqua piovana (o al posto loro un apposito sistema di tubazioni) verso un primo filtraggio, che ha la funzione di separare i residui più grossolani presenti nell'acqua piovana raccolta. Solo dopo questo passaggio, l'acqua può passare nel serbatoio di accumulo, dove ulteriore sporcizia e altri residui rimangono sul fondo e l'acqua filtrata viene prelevata e immessa in rete. Una pompa consente il prelievo e la distribuzione dell'acqua piovana trattata ed

è controllata da una centralina elettronica, in grado di gestire il prelievo di acqua in base alla disponibilità del serbatoio. Un filtro galleggiante, inoltre, assicura il prelievo dell'acqua di maggiore qualità, garantendo la captazione sempre pochi centimetri al di sotto del livello dell'acqua.

In commercio è possibile trovare diversi tipi di serbatoi, sia per il loro posizionamento sia per i materiali di cui sono realizzati. I materiali per la realizzazione devono rispettare dei requisiti specificati in normativa e la capacità di questi serbatoi è da scegliere dopo accurate valutazioni delle precipitazioni attese, della superficie di raccolta a disposizione e dei fabbisogni specifici del caso. Nella maggior parte dei casi si sceglie di interrare il serbatoio, così da non aver problemi di spazio e lo si colloca in prossimità delle grondaie. Tutti gli impianti richiedono un minimo di manutenzione, ogni circa 5-10 anni, e la rete di distribuzione dell'acqua potabile deve sempre essere distinta da quella non potabile, così come devono sempre essere ben indicate le fonti di acqua non potabile, in modo da evitare ogni possibile errore. Serve particolare attenzione nelle situazioni in cui l'edificio è circondato da vegetazione, le cui foglie potrebbero intasare i canali di gronda e i pluviali.

4.5.4. Analisi e certificazione energetica

Progettare e realizzare un edificio significa avviare processi che interesseranno diverse generazioni, non solo i costi di manutenzione e gestione. La selezione di materiali, tecnologie e impianti adeguati consente la costruzione o la ricostruzione di abitazioni a bassissimi consumi energetici, garantendo allo stesso tempo un elevato comfort termico e rispetto per l'ambiente. Per ottenere un effetto che soddisfi i residenti, la cosa più importante è prestare attenzione ai singoli dettagli. Per la verifica della classe energetica è stato utilizzato il foglio di calcolo messo a disposizione dall'agenzia CasaClima. Tramite il loro sistema metodologico è stato possibile ottenere la classe energetica dell'edificio progettato. All'interno del foglio di calcolo si è ripercorso tutto il progetto: dalla localizzazione alla geometria dell'edificio, specificandone le superfici opache e trasparenti, dal ricalcolo dei pacchetti tecnologici utilizzati e dai serramenti scelti con la rispettiva trasmittanza termica, inserendo infine le UTA utilizzate e le fonti rinnovabili inserite all'interno del progetto.

La conclusione è stata l'assegnazione della classe energetica dell'edificio con l'indicato il fabbisogno termico estivo e invernale.

Fabbisogno di riscaldamento	
Oggetto:	Torre Scalo Romana Milano
Involucro dell'edificio	
Superficie di dispersione termica dell'edificio	$A_B = 26.607 \text{ m}^2$
Rapporto superficie dell'involucro riscaldato - Superficie utile netta riscaldata	$A_B/NGF_B = 1,19 \text{ -}$
Rapporto superficie dell'involucro riscaldato - Volume lordo riscaldato	$A_B/V_B = 0,29 \text{ 1/m}$
Indici	
Indice per elementi costruttivi $L_e + L_u + L_g = \sum A_i \cdot U_i \cdot f_i$	$L_e + L_u + L_g = 12.997 \text{ W/K}$
Indice per ponti termici $L_{\psi} = \sum \psi_i \cdot l_i$	$L_{\psi} = 0 \text{ W/K}$
Indice di trasmissione dell'involucro dell'edificio $L_T = L_e + L_u + L_g + L_{\psi}$	$L_T = 12.997 \text{ W/K}$
Indice di ventilazione dell'involucro dell'edificio $L_V = \rho_a \cdot c_a / 3600 \cdot \sum_i (n_i^{(0)} \cdot V_N^{(0)})$	$L_V = 6.601 \text{ W/K}$
Indice complessivo $L = L_T + L_V$	$L = 19.598 \text{ W/K}$
Coefficiente medio di trasmissione globale	
Coefficiente medio di trasmissione globale dell'involucro dell'edificio $U_m = L_T / A_B$	$U_m = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Guadagni e perdite di calore riferito a Milano Milano	
Perdita di calore per trasmissione durante il periodo di riscaldamento (ott.-apr.) $Q_T = L_T \cdot HGT$	$Q_T = 751.685 \quad 753.630 \text{ kWh/a}$
Perdita di calore per ventilazione durante il periodo di riscaldamento (ott.-apr.) $Q_V = L_V \cdot HGT$	$Q_V = 381.748 \quad 382.735 \text{ kWh/a}$
Guadagni per carichi interni durante il periodo di riscaldamento (ott.-apr.) $Q_i = q_i \cdot NGF_B \cdot HT$	$Q_i = 681.156 \quad 681.156 \text{ kWh/a}$
Guadagni solaridurante il periodo di riscaldamento (ott.-apr.) $Q_s = \sum_i l_i \cdot (\sum_j A_g \cdot f_s \cdot g_w)$	$Q_s = 1.248.747 \quad 1.248.747 \text{ kWh/a}$
Fabbisogno di riscaldamento $Q_h = Q_T + Q_V - \eta_h \cdot (Q_s + Q_i) - Q_{rec,attivi}$	$Q_h = 369.481 \quad 370.959 \text{ kWh/a}$
Rapporto tra guadagni e perdite di calore $Y = (Q_s + Q_i) / (Q_T + Q_V)$	$\gamma = 170 \quad 170 \text{ %}$
Fattore di utilizzo degli apporti termici $\eta_h = (Q_T + Q_V - Q_h - Q_{rec,attivi}) / (Q_s + Q_i)$	$\eta_h = 40 \quad 40 \text{ %}$
Fabbisogno di energia termica e potenza di riscaldamento riferito a Milano Milano	
Fabbisogno di energia termica per riscaldamento relativo alla superficie netta $HWB_{NGF} = Q_h / NGF_B$	$HWB_{NGF} = 16,0 \quad 16,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
Potenza di riscaldamento dell'edificio $P_{tot} = (L_T + L_V) \cdot (q_i \cdot q_{ne})$	$P_{tot} = 489,9 \quad 489,9 \text{ kW}$
Potenza di riscaldamento relativa alla superficie netta $P_1 = P_{tot} / NGF_B$	$P_1 = 22,0 \quad 22,0 \text{ W/m}^2$
Classe di efficienza energetica dell'involucro	
A	16 kWh/(m ² a)

Figura 111 – Fabbisogno di riscaldamento

Fabbisogno di raffrescamento	
Oggetto:	Torre Scalo Romana Milano
Involucro dell'edificio	
Superficie di dispersione termica dell'edificio	$A_B = 26.607 \text{ m}^2$
Rapporto superficie dell'involucro riscaldato - Superficie utile netta riscaldata	$A_B/NGF_B = 1,19 \text{ -}$
Rapporto superficie dell'involucro riscaldato - Volume lordo riscaldato	$A_B/V_B = 0,29 \text{ 1/m}$
Indici	
Indice per elementi costruttivi $L_e + L_u + L_g = \sum A_i \cdot U_i \cdot f_i$	$L_e + L_u + L_g = 12.997 \text{ W/K}$
Indice per ponti termici $L_{\psi} = \sum \psi_i \cdot l_i$	$L_{\psi} = 0 \text{ W/K}$
Indice di trasmissione dell'involucro dell'edificio $L_T = L_e + L_u + L_g + L_{\psi}$	$L_T = 12.997 \text{ W/K}$
Indice di ventilazione dell'involucro dell'edificio $L_V = \rho_a \cdot c_a / 3600 \cdot \sum_i (n_i \cdot V_N^{(i)})$	$L_V = 39.141 \text{ W/K}$
Indice complessivo $L = L_T + L_V$	$L = 52.139 \text{ W/K}$
Coefficiente medio di trasmissione globale	
Coefficiente medio di trasmissione globale dell'involucro dell'edificio $U_m = L_T / A_B$	$U_m = 0,49 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Guadagni e perdite di calore riferito a Milano Milano	
Perdita di calore per trasmissione durante il periodo di raffrescamento (mag.-sett.) $Q_T = L_T \cdot KGT$	$Q_T = 181.327 \quad 182.730 \text{ kWh/a}$
Perdita di calore per ventilazione durante il periodo di raffrescamento (mag.-sett.) $Q_V = L_V \cdot KGT$	$Q_V = 432.896 \quad 434.300 \text{ kWh/a}$
Guadagni per carichi interni durante il periodo di raffrescamento (mag.-sett.) $Q_i = q_i \cdot NGF_B \cdot KT$	$Q_i = 491.589 \quad 491.589 \text{ kWh/a}$
Guadagni solaridurante il periodo di raffrescamento (mag.-sett.) $Q_s = \sum_i l_i \cdot (\sum_j A_g \cdot f_s \cdot g_w)$	$Q_s = 902.406 \quad 902.406 \text{ kWh/a}$
Fabbisogno raffrescamento sensibile $Q_{c,sens} = Q_s + Q_i - \eta_c \cdot (Q_T + Q_V)$	$Q_{c,sens} = 804.836 \quad 802.576 \text{ kWh/a}$
Rapporto tra guadagni e perdite di calore $\gamma = (Q_s + Q_i) / (Q_T + Q_V)$	$\gamma = 227 \quad 226 \text{ %}$
Fattore di utilizzo delle dispersioni termiche $\eta_c = (Q_s + Q_i - Q_{c,sens}) / (Q_T + Q_V)$	$\eta_c = 92 \quad 92 \text{ %}$
Fabbisogno di raffrescamento Milano Milano	
Fabbisogno raffrescamento sensibile $Q_{c,sens}$	$Q_{c,sens} = 20,0 \quad 24,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
Fabbisogno deumidificazione Q_{deum}	$Q_{deum} = 15,0 \quad 15,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
Fabbisogno raffrescamento e deumidificazione $Q_c = Q_{c,sens} + Q_{deum}$	$Q_c = 51,0 \quad 50,0 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Figura 112 – Fabbisogno di raffrescamento

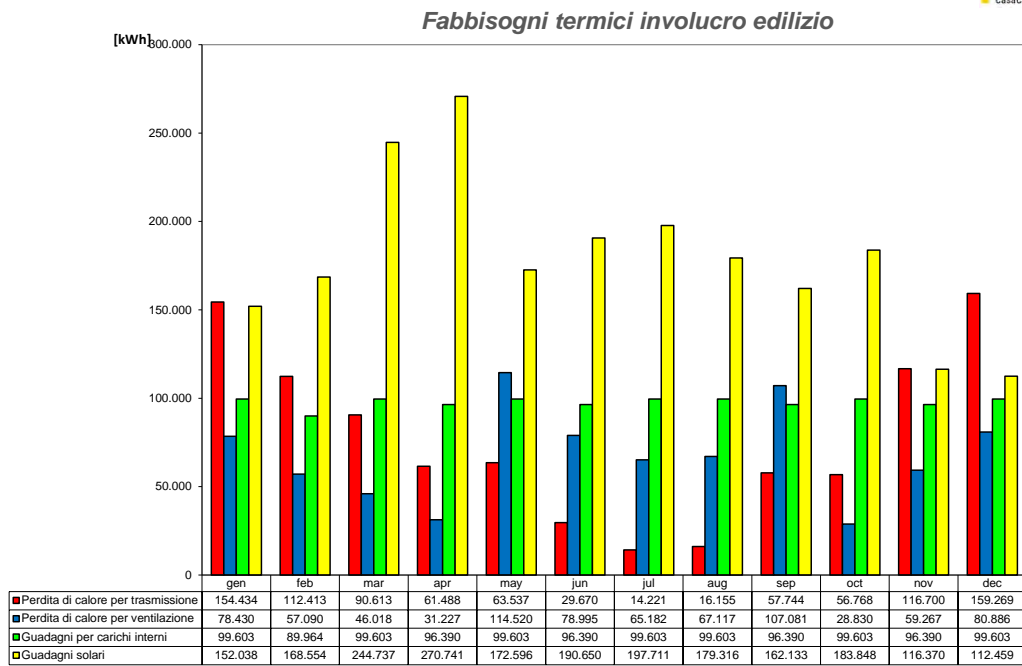


Figura 113 – Fabbisogno termici involucro edilizio

5. Conclusioni

Nonostante l'area in oggetto abbia già un indirizzo preciso riguardo al suo ruolo nei prossimi anni, cioè ospitare le residenze degli atleti che parteciperanno alle Olimpiadi invernali 2026, si è voluto dare una proposta di masterplan progettuale alternativa, altrettanto valida, collocando un edificio con una nuova tipologia insediativa, che quello della "città verticale".

Il progetto di riqualificazione dello Scalo Romana ha cercato di rispondere al fabbisogno della comunità, prendendo in considerazione i punti focali offerti dal PGT di Milano, cercano di risolvere le problematiche che da tempo caratterizzano la zona dello Scalo Romana. A tal fine, è stato fondamentale partire dal contesto storico dell'area, constatando il fatto che la città, nella zona sud-est, si è evoluta e sviluppata attorno ad esso, trovando una rigenerazione di alcune aree dismesse solo negli ultimi decenni. È stato fondamentale partire dagli aspetti caratterizzanti l'area per poter riconoscerne le potenzialità e costruire le strategie e le soluzioni progettuali.

La problematica maggiore è sempre stata, dal principio, la separazione delle due parti di città. Pertanto, l'obiettivo principale è stato quello di ricucire, attraverso la collina artificiale, il ponte e la passerella sulla ferrovia, la città storica a nord con la città "industrializzata" a sud. Questo porta come risultato ad una netta riduzione dei tempi di percorrenza tra le due parti e anche ad una connessione visiva, precedentemente negata dal muro perimetrale dello Scalo. I percorsi inseriti sono stati dettati dalle funzioni esistenti, così da integrare pienamente la proposta di masterplan all'attuale configurazione cittadina. Le attività inserite sono scelte in base ai bisogni della comunità e alle funzioni assenti attualmente. La posizione, rispetto al contesto territoriale, dello Scalo ha un'importanza strategica in quanto è inserita all'interno di più programmi di trasformazione urbana, come il Ring dei Viali delle Regioni, la Cintura Verde ed i Raggi Ciclabili, la Circle Line e la Greenway Sud, la Ferrovia fra S. Cristoforo e Rogoredo. La grande area verde dello Scalo, dunque, fungerà da connessione tra i parchi esistenti, così da creare un collegamento ciclo-pedonale est-ovest e nord-sud.

Gli interventi fondamentali sono stati dunque indirizzati alla rigenerazione dello Scalo, grazie anche alla creazione del nuovo punto di interesse locale generato dal progetto della "Torre Scalo Romana". Creando un nuovo polo attrattivo e mettendo in rete le risorse oggi già presenti ne gioverebbe l'intera economia locale. Questo va a generare nuovi flussi turistici che, grazie allo studio legato all'Universal Design, potranno comprendere diverse tipologie di target.

La decisione di un edificio che si sviluppasse in altezza, piuttosto che in superficie, nasce dalla volontà di utilizzare minor suolo permeabile possibile, andando così a rispondere alle necessità e all'aumento della densità della popolazione, che sta crescendo a Milano, lasciando la maggior percentuale di suolo con destinazione d'uso di verde urbano. L'edificio si inserisce nel contesto seguendo le direttrici definite dal tessuto urbano e le attività che ospita vanno a colmare le esigenze della zona adiacente. Si è progettato un luogo dove poter distrarsi e staccarsi dalla caos urbano, rimanendo comunque all'interno della città.

Le soluzioni strutturali e tecnologiche seguono un tema ambientale molto importante, ovvero il riciclo. La struttura portante è stata dimensionata attraverso travi in acciaio (IPE e HEB), progettando così una struttura montabile e smontabile, dando la possibilità una seconda vita ai materiali impiegati. Nell'abaco tecnologico si è cercato di utilizzare materiali, laddove possibile, riciclati o riciclabili. Questa scelta specifica di materiale non ha messo in secondo piano le caratteristiche principali dei materiali, come le capacità termiche degli isolanti. In seguito a queste scelte, attraverso il foglio di calcolo di CasaClima, sono stati calcolati i fabbisogno termici di riscaldamento e raffrescamento, che hanno portato ad una classe energetica A dell'edificio.

In conclusione, la riqualifica di quest'area è di fondamentale importanza per lo sviluppo dell'economia locale e della città stessa, definendosi come polo attrattivo, grazie alla posizione strategica e agli edifici esistenti e in sviluppo adiacenti all'area, come Fondazione Prada, Symbiosis e la futura torre A2A.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Bibliografia

- AAVV, *La Milano del Piano Beruto (1884-1889), Società, urbanistica e architettura nella seconda metà dell'Ottocento*, Edizioni Angelo Guerini e Associati, Milano 1992
- AAVV, *Un secolo di urbanistica a Milano*, ClupLibri, Milano, 1986
- AECOM, *Scali Ferroviari a Milano. Rigenerazione Urbana: Casi studio*, 2016;
- Aleni S., *A sud dello Scalo Romana*, Quattro, 2017;
- Aleni S., V. Redaelli, *Storie industriali*, Quattro, 2015;
- ARUP, *Scali ferroviari. Benchmarking di rigenerazioni urbane di successo su aree ferroviarie dismesse*, 2016;
- Bandini Buti L., *Ergonomia degli uffici: l'uomo, il prodotto, l'ambiente*, Il sole 24ore, 2001;
- Bandini Buti L., *Ergonomia del costruito*, Arca n.166, 2002;
- Belgiojoso A.B., Marescotti L., *Il passante ferroviario e la trasformazione di Milano*, CLUP, 1986;
- Boatti A., *Urbanistica a Milano: sviluppo urbano, pianificazione e ambiente tra passato e futuro*, Città Studi, 2007;
- Bolognesi C., *Grattacieli: architetture per il XXI secolo*, Raggianti Studi sull'Arte, 2005;
- Briano I., *Storia delle ferrovie in Italia*, Cavallotti Editore, Milano, 1977;
- Canesi M., *Città Lombardia*, Maggiori Editori, 2009;
- Celvini P., *Grattacielo Pirelli*, NIS, 1996;
- Crippa M. A., Zanozottera F., *Milano si alza: torri, campanili e grattacieli in città*, Istituto G.Pini, 2004;
- D'Onofrio R, Talia M., *La rigenerazione urbana alla prova*, FrancoAngeli, Ed.9, 2015;
- DAStU - Politecnico di Milano, *Trasformazione degli scali ferroviari milanesi. Esiti di un confronto su attese, esigenze e desideri dei soggetti locali*, 2007;
- Faroldi E., *Verticalità. I grattacieli: linguaggi, strategie, tecnologie*, Maggioli, 2008;
- Ferrario A., *Urbanistica a Milano*, Città studi, 2007;
- Lynch K., *L'immagine della città*, La Grafica & Stampa Editrice, Ed.18, 2018;
- Marzorati F., *Milano Porta Romana*, in RF Rivista Ferrovia n.4 (p. 26), Acme Edizioni, 2008;
- Montedoro L., *Le grandi trasformazioni urbane. Una ricerca e un dibattito per gli scali milanesi*, Fondazione OAMi, 2018;
- N. Foster, *Sir Norman Foster and Partners: Commerzbank, Frankfurt Am Main*, Axel Menges, 1996;
- Oliva F., *L'urbanistica di Milano. Quel che resta dei piani urbanistici nella crescita e nella trasformazione della città*, Hoepli, Milano, 2002
- Osnago C., *Ferrovie e stazioni*, in: AA.VV, *Milano Tecnica dal 1859 al 1884*, Hoepli, 1885, Ristampa Edizioni L'Archivoltò, Milano, 1988;
- Politecnico di Milano, *Il progetto della città interrotta*, Maggioli s.p.a., 2011;
- Rossi A., *L'architettura della città*, ilSaggiatore, 2018;

Schiaffonati F., Castaldo G., Mocchi M., *Il progetto di rigenerazione urbana. Proposte per lo scalo di Porta Romana a Milano*, Maggioli Editore, 2017;
 Scott Z., *Scrapers*, Wildfire, 2018;
 UE Politica regionale, *Città del futuro. Sfide, idee, anticipazioni*, 2011;

Normativa tecnica

D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
 Circolare 02/02/2009, n. 617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018” – NTC/08
 Eurocodice 1, Basi di calcolo e azioni sulle strutture
 Eurocodice 3, Progettazione delle strutture di acciaio
 CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”
 EN 1993-1-1: 2005, General rules - Buckling
 EN 1993-1-8: 2005, Design of joints L angles

Sitografia

www.agenziacasaclima.it
www.archdaily.com
www.archiportale.it
www.arup.com
www.balmori.com
www.barrecaelavarra.it
www.cobe.dk
www.comune.milano.it
www.corrieredellasera.it
www.europaconcorsi.com
www.geoportale.comune.milano.it
www.malpus.com
www.oma.com
www.ordinearchitetti.mi.it
www.parcumontestella.it
www.pcparch.com
www.pim.mi.it/archivio-cartografico/
www.raggiverdi.it
www.rapu.it
www.repubblica.it
www.scalimilano.it
www.skyscrapercity.com
www.spazium.ch
www.stagniweb.it
www.storiadimilano.it
www.territorio.regione.lombardia.it
www.trasmittanza.stiferite.it
www.urbanlife.it

INDICE IMMAGINI

Figura 1 – Il piano definitivo dell’Ing. Cesare Beruto del 1884 Fonte: Un secolo di urbanistica, p. 223.	12
Figura 2 - Piano Pavia-Masera, 1912 Fonte: ordinedegliarchitetti.mi.it	13
Figura 3 – Riordinamento dei servizi ferroviari di Milano, Planimetria generale Fonte: www.storiadimilano.it	14
Figura 4 – Piano Albertini del 1934 Fonte: www.ordinearchitetti.it	16
Figura 5 – Pianta di Milano, 1937 – Istituto geografico militare, Firenze, Aprile 1937-XV Fonte: www.stagniwed.it	17
Figura 6 – Vista in dettaglio dello schema territoriale del PRG del 1953 Fonte: INU Lombardia	18
Figura 7 - Proposta di Piano Intercomunale Milanese, 1965. Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/	19
Figura 8 – Variante generale al PRG del Comune di Milano del 1980 Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/	21
Figura 9 - Nove parchi per Milano, 1995 Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/	22
Figura 10 - Raggio Verde nel sud-est di Milano, n.R4 Fonte: http://www.raggiverdi.it/raggi_verdi.htm	23
Figura 11 - Macchia grigia – 1888 / 1936 / 1963 / 1998 Fonte: www.pim.mi.it/archivio-cartografico/	24
Figura 12 - Schema di progetto Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	26
Figura 13 - Aree per servizi esistenti Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	27
Figura 14 - Schema di progetto Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	28
Figura 15 - Sviluppo di progetto Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	29
Figura 16 - Schema di progetto Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	30
Figura 17 - Ambiti di trasformazione Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	30
Figura 18 - Nodi di interscambio fra le linee ferroviarie, le linee metropolitane e le linee di forza. Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	31
Figura 19 - Schema di progetto Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	32
Figura 20 - Ambiti di trasformazione Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	33
Figura 21 - Percorso ciclopedonale asse est-ovest Fonte: Documento di Piano - PGT di Milano	33
Figura 22 - Percentuale minima di verde pubblico dedicata agli scali Fonte: Accordo di Programma	36
Figura 23 - Vista aerea di Milano Fonte: www.scalmilano.vision.it	38
Figura 24 - Vista Scalo Farini Fonte: www.scalmilano.vision.it	38
Figura 25 - Vision Farini Fonte: www.scalmilano.vision.it	38
Figura 26 - Vision Lambrate Fonte: www.scalmilano.vision.it	39
Figura 28 - Vision Lambrate Fonte: www.scalmilano.vision.it	39

Figura 27 - Vision Romana Fonte: www.scalmilano.vision.it	39
Figura 29 - Vision Genova Fonte: www.scalmilano.vision.it	39
Figura 29 - Vision Genova Fonte: www.scalmilano.vision.it	40
Figura 31 - Fondazione Prada Fonte: www.corrieredellasera.it	40
Figura 30 - Vision Greco Fonte: www.scalmilano.vision.it	40
Figura 32 - Prospetto Est Fonte: www.oma.eu	41
Figura 34 - Render ICS, in costruzione Fonte: www.barrecaelavarra.it	41
Figura 33 - Headsquare Fastweb Fonte: www.archiportale.com	41
Figura 35 – Confronto ante/post riqualificazione dell’area Abandoibarra a Bilbao Fonte: www.balmori.com	43
Figura 36- Illustrazione grafica del masterplan di progetto Fonte: www.pcparch.com/project	45
Figura 37- Masterplan di progetto Fonte: www.pcparch.com/project	45
Figura 38- Strategia di progetto Fonte: www.pcparch.com/project	46
Figura 39 – Inquadramento del costruito Fonte: www.arup.com	47
Figura 40 – Inquadramento movimento Fonte: www.arup.com	47
Figura 41 - Inquadramento aree verdi Fonte: www.arup.com	47
Figura 42 – Paino dell’uso del suolo del IFC Fonte: www.arup.com	48
Figura 43 - Inquadramento del costruito Fonte: www.aecom.com	49
Figura 44 - Inquadramento movimento Fonte: www.aecom.com	49
Figura 45 - Inquadramento aree verdi Fonte: www.aecom.com	49
Figura 46 - Strategie e Masterplan di progetto Fonte: www.mlaplus.com	50
Figura 47 - Render area di progetto Fonte: mlaplus.com	51
Figura 48 - Foto aerea dell’area post riqualificazione Fonte: www.comune.milano.it	53
Figura 49 - Schema analisi SWOT Fonte: www.wikipedia.com	56
Figura 50 – Analisi storica 1884 e 1910, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	62
Figura 51 – Analisi storica 1934 e 1972, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	62
Figura 52 – Inquadramento territoriale dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	64
Figura 53 – Diagnosi urbanistica dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	64
Figura 54 - Definizione tipologie d’intervento dello Scalo Romana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	65
Figura 55 – Analisi delle direttrici dell’area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	66
Figura 56 – Analisi dell’area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	66
Figura 57 – Soluzioni progettuali dell’area in esame, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	67
Figura 58 – Masterplan di progetto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	68
Figura 59 – Monte Stella Fonte: www.parcomontestella.it	68
Figura 60 – Parco Portello Fonte: www.milano.repubblica.it	69
Figura 61 – Parco Portello, vista aerea Fonte: www.milano.repubblica.it	69
Figura 62 - Passerella Bellinzona Fonte: www.spazium.ch	70
Figura 63 - Vista High Line Park Fonte: www.archdaily.it	71

Figura 65 - Accessi e vegetazione Sky Garden Fonte: www.archdaily.it	71
Figura 66 - Assonometria Sky Garden Fonte: www.archdaily.it	71
Figura 64 - Vista High Line Park Fonte: www.archdaily.it	71
Figura 67 – Concept funzionale e spaziale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	124
Figura 68 – Planimetria, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	126
Figura 69– Immagine della struttura Fonte: www.cobe.dk	126
Figura 70 – Painta piano terra, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	128
Figura 71 – Painta piano primo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	129
Figura 72 – Painta piano secondo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	130
Figura 73 – Painta piano terzo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	130
Figura 74 – Painta piano quarto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	131
Figura 75 – Painta piano quinto, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	132
Figura 76 – Prospetto sud-ovest, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	133
Figura 77 – Tipologie pianta uffici	135
Figura 78 – Painta piano uffici, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	136
Figura 79 – Painta piano quindicesimo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	136
Figura 80 – Painta piano residenze, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	137
Figura 81 – Painta piano ventiduesimo, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	138
Figura 82 – C.O. - Solaio controterra, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	237
Figura 83 – C.O. - Copertura piana, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	237
Figura 84 – C.O. - Solaio su spazi “nr”, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	238
Figura 85 – P.O. - Solaio interpiano, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	238
Figura 86 – P.O. - Solaio interpiano, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	239
Figura 87 – P.O. - Solaio interpiano, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	239
Figura 88 – P.O.E. - Pavimentazione esterna, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	239
Figura 89 – P.O.E. - Balcone, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	240
Figura 90 – P.O.E. - Terrazza, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	240
Figura 91 – C.V. - Parete perimetrale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	241
Figura 92 – C.V. - Parete perimetrale, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	241
Figura 93 – P.V. - Parete interna, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	242
Figura 94 – P.V. - Parete interna, restituzione grafica Bernardi Lorenzo	242
Figura 95 - Dati zona climatica Fonte: www.trasmittanza.stiferite.com	244
Figura 96 – Parametri termici, Solaio controterra Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	245
Figura 97 – Verifica igrometrica, Solaio controterra Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	245
Figura 98 – Grafico condensa, Solaio controterra Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	245
Figura 99 – Parametri termici, Copertura superiore Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	246
Figura 100 – Verifica igrometrica, Copertura superiore Fonte: www.	267

trasmissione.stiferite.it	246
Figura 101 – Grafico condensa, Copertura superiore Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	246
Figura 102 – Parametri termici, Solaio su spazi “nr” Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	247
Figura 103 – Verifica igrometrica, Solaio su spazi “nr” Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	247
Figura 104 – Grafico condensa, Solaio su spazi “nr” Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	247
Figura 105 – Parametri termici, Parete perimetrale con impianti Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	248
Figura 106 – Verifica igrometrica, Parete perimetrale con impianti Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	248
Figura 107 – Grafico condensa, Parete perimetrale con impianti Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	248
Figura 108 – Parametri termici, Parete perimetrale Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	249
Figura 109 – Verifica igrometrica, Parete perimetrale Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	249
Figura 110 – Grafico condensa, Parete perimetrale Fonte: www.trasmittanza.stiferite.it	249
Figura 111 – Fabbisogno di riscaldamento	256
Figura 112 – Fabbisogno di raffrescamento	257
Figura 113 – Fabbisogno termici involucro edilizio	258

INDICE TAVOLE

INTRODUZIONE ALLO SCALO

- T.01 Scali ferroviari milanesi
- T.02 Localizzazione Territoriale
- T.03 Analisi storica: 1884-1910
- T.04 Analisi storica: 1934-1972
- T.05 Archeologia industriale
- T.06 Inquadramento Territoriale
- T.07 Pieni-Vuoti
- T.08 Atlante tematico
- T.09 Mobilità privata e Infrastrutture di Trasporto
- T.10 Mobilità pubblica e Infrastrutture di Trasporto
- T.11 Servizi e Funzioni
- T.12 Inquadramento Fotografico
- T.13 Diagnosi urbanistica
- T.14 Definizione tipologie d'intervento
- T.15 Grattacieli Milano

QUARTIERE IN CERCA DI CITTA'

- T.16 Conceptplan
- T.17 Masterplan
- T.18 Focus Passerella
- T.19 Concept Edificio
- T.20 Concept spaziale-funzionale

PROGETTO ARCHITETTONICO

- T.21 Planimetria_1.500
- T.22 Pianta P00-Arredata_1.500
- T.23 Pianta P01-Arredata_1.500
- T.24 Pianta P02-Arredata_1.500
- T.25 Pianta P03-Arredata_1.500
- T.26 Pianta P04-Arredata_1.500
- T.27 Pianta P05-Arredata_1.500
- T.28 Pianta P06-Arredata_1.500
- T.29 Pianta P06-Quotata_1.200
- T.30 Pianta P06-Arredata_1.200
- T.31 Pianta P15-Arredata_1.500
- T.32 Pianta P15-Quotata_1.200
- T.33 Pianta P15-Arredata_1.200
- T.34 Pianta P16-Arredata_1.500
- T.35 Pianta P16-Quotata_1.200
- T.36 Pianta P16-Arredata_1.200
- T.37 Pianta P20-Arredata_1.500
- T.38 Pianta P20-Quotata_1.200

T.39 Pianta P20-Arredata_1.200
T.40 Pianta P21-Arredata_1.500
T.41 Pianta P21-Quotata_1.200
T.42 Pianta P21-Arredata_1.200
T.43 Pianta P22-Arredata_1.500
T.44 Pianta P22-Quotata_1.200
T.45 Pianta P22-Arredata_1.200
T.46 Sezione AA
T.47 Sezione BB
T.48 Sezione CC
T.49 Sezione DD
T.50 Prospetto N-E
T.51 Prospetto N-O
T.52 Prospetto S-O
T.53 Prospetto S-E

PROGETTO TECNOLOGICO

T.54 Schematic design
T.55 Abaco tecnologico 01
T.56 Abaco tecnologico 02
T.57 Abaco tecnologico 03
T.58 Abaco tecnologico 04
T.59 Nodo tecnologico Verticale 01
T.60 Nodo tecnologico Verticale 02-03
T.61 Nodo tecnologico Verticale 04
T.62 BLOW UP N.V.04
T.63 Nodo tecnologico Verticale 05
T.64 BLOW UP N.V.05

PROGETTO STRUTTURALE

T.65 Strutturale Piano Pubblico
T.66 Strutturale Piano Uffici
T.67 Strutturale Piano Residenze
T.68 Strutturale Piano Ristoro
T.69 Strutturale Piano Copertura
T.70 Sezioni Strutturali

COMFORT VISIVO

T.71 Pianta P06 "Uffici" - Analisi fattore di luce diurna_1.200
T.72 Pianta P15 "Sale comuni - Palestra" - Analisi fattore di luce diurna_1.200
T.73 Pianta P16 "Residenze" - Analisi fattore di luce diurna_1.200
T.74 Pianta P20 "Ristoro" - Analisi fattore di luce diurna_1.200
T.75 Pianta P21 "Ristoro" - Analisi fattore di luce diurna_1.200
T.76 Pianta P22 "Ristoro" - Analisi fattore di luce diurna_1.200

TORRE SCALO ROMANA

RENDER

T.77 Render esterni - estivi

T.78 Render esterni - invernali

T.79 Render dalla torre - vista sul parco