

# Concorso internazionale di progettazione **Il Bosco della Musica**

**Relazione tecnico illustrativa**

10 Ottobre 2022



# Indice

## **1. Inquadramento**

1.1 Relazione con il contesto e vincoli

## **2. Proposta progettuale**

2.1 Concept

2.2 Inserimento nel tessuto urbano

2.3 Progetto architettonico

2.4 Landscape

## **3. Archeologia**

3.1 Descrizione attività archeologica preventiva

## **4. Programma funzionale**

4.1 Verifica di coerenza

## **5. Acustica architettonica**

5.1 Progettazione acustica e comfort sonoro

## **6. Sostenibilità**

6.1 Strategie passive

6.2 Strategie impiantistiche

6.3 Nature-based solutions

## **7. Strutture**

7.1 Concept strutturale

## **8. Sicurezza**

8.1 Strategia antincendio

## **9. Costi**

9.1 Stima sommaria dei costi di intervento

# 1. Inquadramento

## 1.1 Relazione con il contesto e vincoli

L'area individuata per il progetto di nuovo campus del conservatorio "G. Verdi" di Milano, si inserisce all'interno del più ampio progetto di riqualificazione del quartiere ex industriale di Rogoredo e del quartiere in trasformazione Milano Santa Giulia, nell'area est di Milano. Il lotto urbano ha grandi potenzialità per la prossimità a punti nodali della rete di trasporto pubblico come la stazione di Rogoredo e ad una rete di aree verdi di diversa scala, sviluppate e in parte da riqualificare. Allo stesso tempo l'area è interessata da una serie di importanti vincoli morfologici legati principalmente alla presenza di fasce di rispetto del reticolo idrografico, bassa soggiacenza della falda acquifera, distanze dai confini e il vincolo aeroportuale del vicino scalo di Milano-Linate (+147,85 m s.l.m.).

Con l'obiettivo di evitare qualsiasi interferenza con la normativa vigente che in caso di aggiudicazione possa generare complicazioni con lo sviluppo del progetto, nell'impostazione della proposta si sono presi in considerazione tutti i suddetti vincoli, unitamente alla normativa di riferimento in materia di fasce di rispetto dai fronti stradali e ribaltamenti rispetto ai fronti urbani prospicienti. Per la fascia di rispetto di 4 m da Roggia Gerenzana e Cavo Taverna viene mantenuta, come indicato dall'articolo 50 del PGT di Milano l'accessibilità al livello del terreno ai fini della manutenzione, fruizione ed eventuale riqualificazione ambientale.

L'area proposta dal concorso è un tassello strategico all'interno di un tessuto sul quale operare una ricucitura tra l'area sud verso i binari e Parco Cassinisi e l'area nord in corso di riqualificazione attraverso lo strumento dell'aggiornato PII Montecity-Rogoredo. In questo contesto il nuovo campus si inserisce innanzitutto come estensione dello spazio pubblico esistente e come elemento di connessione. L'articolazione volumetrica dell'edificio intende creare, insieme alla componente vegetale che la abbraccia, un nuovo paesaggio urbano.

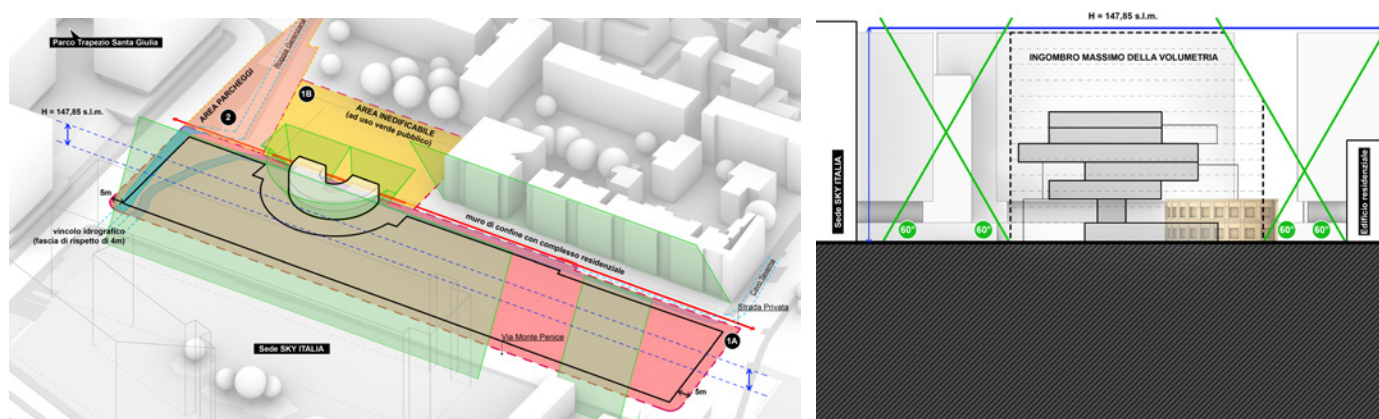


Fig. 1 - Analisi vincoli, definizione volume edificabile e ingombri

## 2. Proposta progettuale

### 2.1 Concept

Il progetto, integrato in tutti i suoi aspetti, esprime una particolare sensibilità nel proporre un luogo che supera il solo ambiente visibile. Offrendo uno spazio percettivo, anche virtuale, l'aspetto uditivo, sonoro, diventa un elemento fortemente connotante sia dell'insieme del complesso (il verde si ridistribuisce seguendo l'andamento di un'onda sonora), sia di ogni sua parte. Sulla suggestione del brano musicale di Dvořák "Silent Woods" nasce un'area il cui paesaggio sonoro induce a pensare alla Natura che si compenetra nell'Architettura. L'armonia che ne scaturisce si differenzia dalle zone circostanti, generando una "oasi sonora" di tranquillità. Le aree verdi diventano luoghi di preparazione/decompressione per liberarsi del rumore urbano e avvicinarsi (prepararsi) ad un ascolto consapevole (ex. Live Music in Nature).

L'Acustica, anello nascosto tra Musica ed Architettura, introduce aspetti innovativi e nuovi criteri nella progettazione dei volumi, delle geometrie e dei materiali per ottenere la massima resa sonora e un elevato benessere acustico – ambientale. Definisce anche nuove funzionalità e soluzioni costruttive durevoli nel tempo, caratterizzate da facilità ed economicità di manutenzione.

In relazione ai vari settori dell'Ingegneria, l'Acustica dialoga e si compenetra con tutte le parti tecnologiche del progetto. Nei settori più tradizionali quali l'Ingegneria Strutturale ed Impiantista, permette di controllare e minimizzare la trasmissione del rumore per via aerea (airborne sound) e per via solida (impact sound), mentre negli ambiti più innovativi dell'Ingegneria del Suono garantisce il controllo sia attivo sia passivo del campo riverberante negli ambienti più sensibili (comprendendo predisposizioni impiantistiche negli altri spazi, compresi quelli esterni).

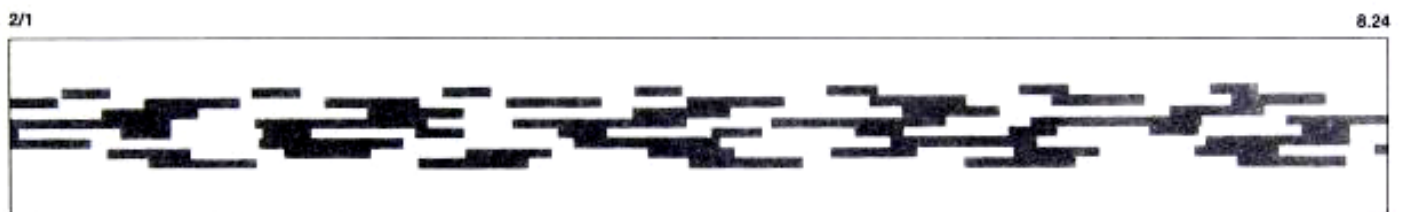


Fig. 2 - Estratto spartito Music for Airports, Brian Eno

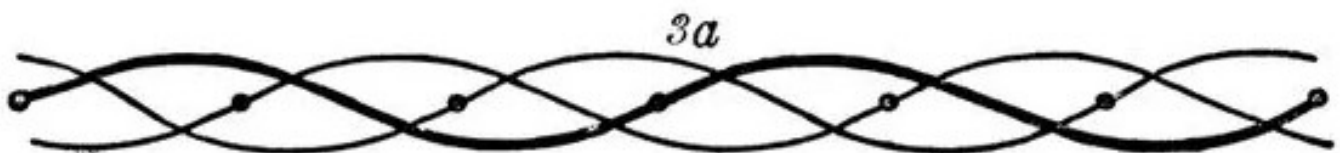


Fig. 3 - Sovrapposizione onde sonore

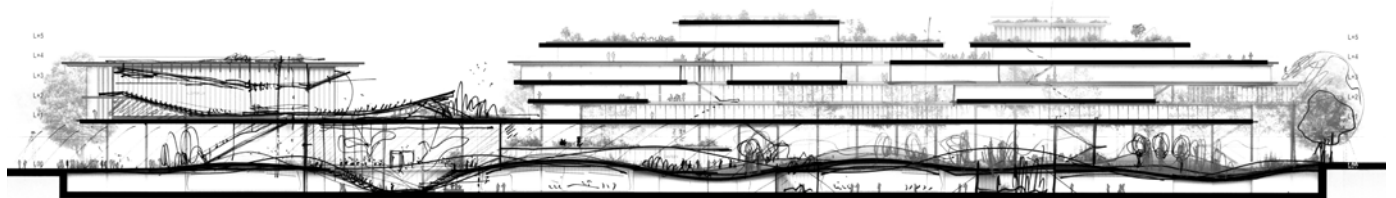


Fig. 4 - Schizzo di studio



---

Il progetto si ispira agli elementi principali di un albero e si articola formalmente in: radici, tronco e chioma. Le radici, le parti di ancoraggio specializzate nell'assorbimento di acqua e nutrienti, sono rappresentate dalle sonde geotermiche che utilizzano l'energia del sottosuolo, dagli impianti tecnologici presenti al piano interrato e dal sistema strutturale di fondazione che fissa gli edifici al terreno, garantendo tuttavia la flessibilità necessaria in caso di sisma mediante opportuni giunti. Il sistema impiantistico e le connessioni al livello del piano interrato permettono di creare un'analogia con il concetto di Wood Wide Web, una fitta rete di interazioni sotterranee tra funghi e piante, note come micorrize, che permette di ridistribuire i nutrienti e i composti chimici tra le piante, creando un ecosistema resiliente.

Il tronco, l'elemento portante e di trasporto della linfa, è rappresentato dai core strutturali attorno ai quali si articolano i piani delle residenze e al cui interno sono disposti gli impianti tecnologici.

La chioma è rappresentata dai volumi delle residenze, le cui coperture, trattate con tetto verde e installazione di fotovoltaico, funzionano come le foglie, che captano e trasformano l'energia solare permettendo il funzionamento dell'edificio. Inoltre, come le chiome di un bosco, i volumi sono sfalsati tra loro per minimizzare il reciproco ombreggiamento e consentire il passaggio della luce, in analogia al principio della fillofotassi. Questo permette anche la creazione di spazi ibridi di transizione, terrazze, spazi coperti, pensati per ospitare la vita dello studentato, favorire l'interazione, la creatività e la spontaneità, componenti fondamentali del linguaggio universale della musica.

Proprio come nel sistema naturale costituito da una famiglia interconnessa di questi elementi, l'edificio si presenta come un bosco brulicante di vita in tutti i suoi livelli, quello superiore proteso verso luce e aria, quello del sottobosco al piano terra e quello della rete sotterranea di energia e informazione.



Fig. 4 - Sistema albero, Aaron Escobar



## 2.2 Inserimento nel tessuto urbano

Un'analisi ad ampia scala colloca inoltre l'area nel progetto “**Raggi Verdi**” di Milano: una visione progettuale forte che concepisce la metropoli come un sistema vitale e permeabile. Una vera e propria rete a lenta percorrenza che idealmente partono dal centro geografico-simbolico della città per raggiungere i parchi della cintura urbana lungo tutte le aree verdi lungo la direttrice, di qualsiasi dimensione esse siano. Il progetto comprende 8 Raggi Verdi, di lunghezza compresa tra 6 e 12 km. Il progetto del Bosco della Musica, intercetta proprio il Raggio 3 verso Milano Santa Giulia, quartiere residenziale in recente sviluppo. Alla scala di quartiere, invece, il lotto della Bosco della Musica si inserisce come la potenziale **tessera mancante** di due sistemi verdi: quello del Parco Agricolo Sud Milano (Parco Cassinis, Porto di Mare e Parco della Vettabbia) ed il nuovo parco di Santa Giulia, influenzato dalla natura del Fiume Lambro. Entrambi sono separati dalle massiccio sistema infrastrutturale, come quello della linea ferroviaria e autostradale che storicamente hanno isolato il quartiere. Il tema della continuità della biodiversità urbana è diventata fondamentale per garantire la salute e l'efficienza dei sistemi ecologici e faunistici presenti negli spazi verdi urbani dell'intorno, e in quest'ottica il progetto del Bosco della Musica guarda al sistema di parchi e giardini urbani delle aree limitrofe. L'ambito progettuale inoltre si inserisce all'interno di un tessuto residenziale fortemente dinamico e in via di sviluppo (Variante PII approvata di Milano Santa Giulia, Scalo Porta Romana) anche a seguito delle future trasformazioni previste per i giochi olimpici invernali del 2026. Il progetto inoltre vuole promuovere una suggestione di maggiore continuità e relazione con il tessuto esistente attraverso delle superfici promiscue, esterne all'area di progetto, in corrispondenza all'aggancio nord di Via Francesco Pizzolpasso e all'innesto sud di Via Rogoredo (in corrispondenza della S.F. Rogoredo e del vicino parco comunale).

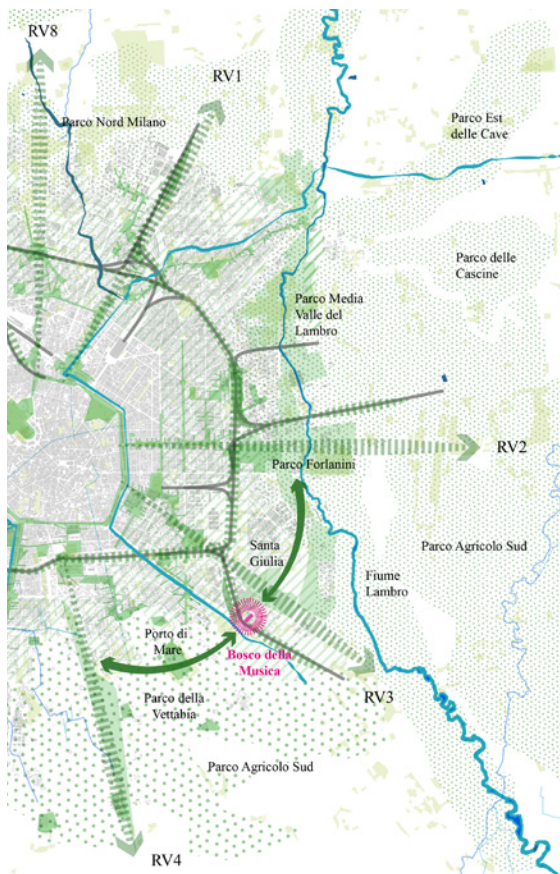


Fig. 5 - Relazioni territoriali



Fig. 6 - Inserimento urbano

---

## 2.3 Progetto architettonico

Il progetto pone grande importanza ed attenzione alla relazione con il contesto nel quale si inserisce. L'indicazione del bando, di mantenere l'area permeabile, libera da barriere salvo quelle puntualmente necessarie per ragioni tecniche, viene accolta e ispira l'idea alla base del progetto: creare un ambiente aperto e sostenibile, rendendo il piano terra dell'intervento più permeabile possibile. L'obiettivo è quello di restituire un nuovo e unico paesaggio al quartiere e alla città. Questa intenzione progettuale ha portato i volumi per le residenze richieste (155 camere singole, 35 doppie, spazi comuni) a staccarsi da terra, come le chiome degli alberi, che liberando il terreno sottostante si protendono per cercare luce e aria.

Per la Palazzina "ex Chimici", progettata da Enrico Agostino Griffini, viene previsto un recupero rispettoso della natura del manufatto, affinché l'edificio possa rimanere una testimonianza del passato industriale dell'area e diventare un elemento di riferimento visivo e spaziale del nuovo sistema di ambiti e percorsi del campus. Il progetto si sviluppa creando uno spazio coperto davanti alla Palazzina, creando una piazza coperta e racchiusa che diventa il fulcro attorno al quale si dispongono le funzioni principali, quali canteen, auditorium, sala polifunzionale e palazzine appunto. Questo spazio è caratterizzato da un sistema di gradonate che connette con il livello -1, offrendo la possibilità di essere abitato quotidianamente dagli studenti o utilizzato per eventi speciali e rappresentazioni.

Particolare attenzione è stata riservata agli spazi dello studentato. Il campo acustico delle camere è stato pensato in modo da poterle utilizzare come piccole sale prova. Nonostante la loro forma rettangolare, regolare, sono esenti da fenomeni di disturbo (eco, ecoflutter, onde stazionarie) poiché due partizioni attigue sono fonoassorbenti ( $\alpha_w 0.35$ ) e l'arredo è previsto in modo da aiutare a diffondere il suono. Ne consegue un livello di pressione sonora uniformemente distribuito e un Tempo di Riverbero stimato nell'intervallo tra 0.55 e 0.7 s. L'elevato isolamento acustico delle stanze ( $R'w > 55\text{dB}$ ) garantisce la privacy ed evita di creare disturbo all'esterno della camera stessa. Lo spazio liberato, sottostante lo studentato, è pensato come uno spazio permeabile e vivo, aperto all'interpretazione degli abitanti del campus, con "stanze verdi" attrezzate per ospitare ad esempio strumenti elettro-acustici. La sicurezza da garantire per questi spazi è progettata come combinazione di prevenzione attraverso la progettazione ambientale (CPTED) e sistemi tecnologici innovativi e dedicati.



Fig. 7 - Assonometria generale



Per quanto riguarda gli ambienti per la didattica si è tenuta in grande considerazione il comfort acustico e la vivibilità, declinati in diversi ambiti, con un approccio olistico. Comfort visivo, ambientale e acustico, concorrono alla creazione di un “luogo sonoro” in grado di accogliere e favorire creatività e concentrazione. La componente paesaggistica e vegetale vive anche all’interno dell’edificio, sfumando il confine tra interno ed esterno al piano terra, portando i benefici di un approccio biofilico negli spazi vissuti quotidianamente dai fruitori del campus.

Per gli ambienti delle aule, la comprensione del parlato e l’intelligibilità del suono deve avvenire in condizioni di minimo affaticamento da parte di insegnanti e studenti. Vengono quindi proposte configurazioni che ottimizzano il comfort acustico negli spazi dedicati allo studio e alla pratica, anche tenendo conto dell’evoluzione dei metodi e di nuove condizioni di fruibilità dello spazio. Un caso particolare ma paradigmatico è quello legato alla recente emergenza pandemica e ai cosiddetti scenari Post Covid-19, sviluppatosi in seguito, che ha portato a sviluppare nuovi modelli spaziali e fruitivi. Per le aule dunque è proposta la possibilità di configurazioni alternative (es.: Covid-19 Standard, Covid-19 Standard rialzata) rispetto a quelle più tradizionali (es.: una “matrice” rettangolare di 24 posti disposti secondo le direttive dell’Associazione Italiana di Acustica). Allo studio della distribuzione spaziale, con l’inclusione di layout variabili con possibilità del distanziamento, si affiancano l’uso dei materiali e di dispositivi acustici specifici, come rivestimenti ondulati davanti alle superfici curve e pareti mobili ad elevato isolamento acustico. Anch’esse utilizzabili, oltre che per il miglioramento dell’ambiente acustico, per la rimodulazione degli spazi e la suddivisione delle aule.

La resa acustica è supportata in tutte le parti del progetto dall’ingegneria scenotecnica, in particolare da sistemi meccanici semplici che facilitano le operazioni di installazione fissa e/o mobile degli equipaggiamenti, e di allestimento dei possibili eventi in tutte le aree del complesso. Sono previsti, ad esempio, piattaforme per posizionare gli orchestrali a quote differenti in funzione dell’organico e un facile trasposto delle varie attrezzature e degli strumenti musicali e scenici (compreso il pianoforte a coda che condiziona le dimensioni dei corridoi, dei montacarichi, delle porte, delle aree di accesso di carico e carico ecc). Le attrezzature possono pervenire facilmente anche da aree limitrofe a quella del progetto, da server esterni. Lo sviluppo scenotecnico aiuta inoltre la convivenza tra i diversi generi musicali.

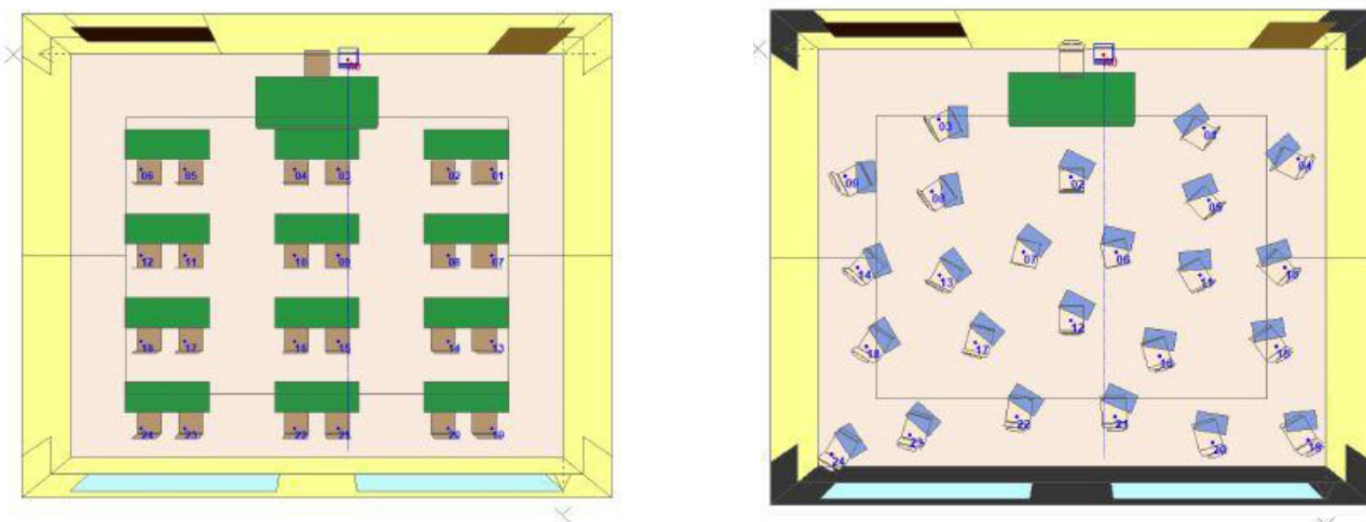


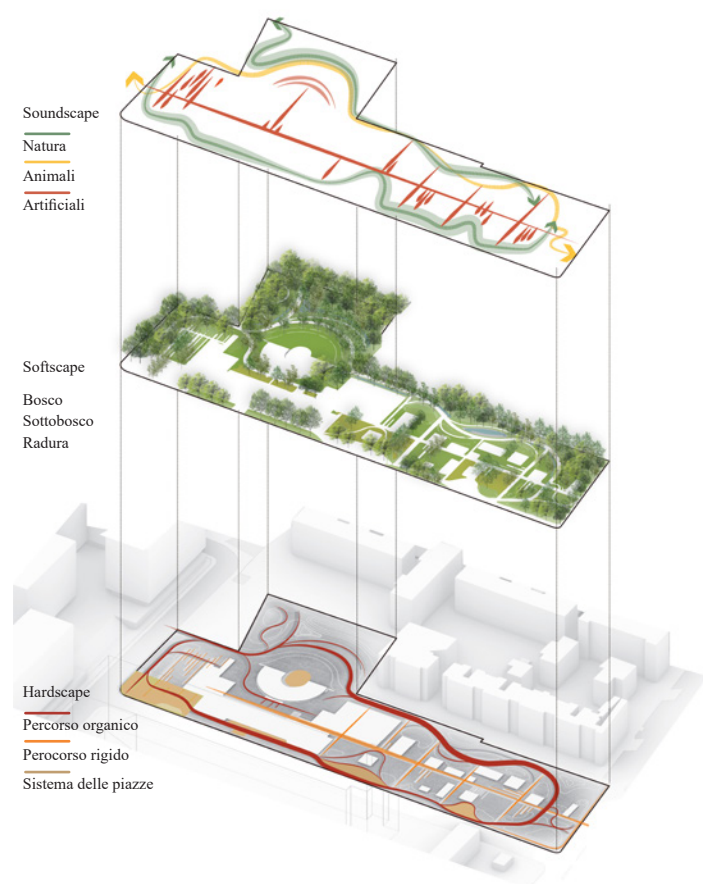
Fig. 5 - Layout flessibile: disposizione standard (direttive AIA) e disposizione scenario “Covid”



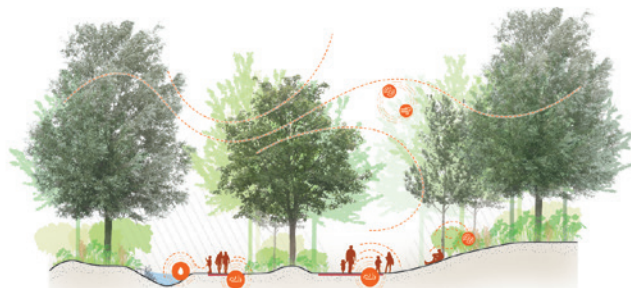
## 2.4 Landscape

Il Bosco della Musica si definisce come una nuova tessera di paesaggio per il Quartiere di Santa Giulia, un nuovo punto di riferimento per la comunità: un luogo animato da eventi musicali e da spazi di socialità. Allo stesso tempo si definisce come un grande ambito di naturalità e di biodiversità urbana.

La composizione totale del progetto risponde a tre gradienti di naturalità. Il primo gradiente è definito da un **bosco denso** che abbraccia l'intera architettura, caratterizzato da percorsi organici e dalla modellazione della topografia che enfatizzano l'immersione dell'utente all'interno della sfera naturale. Il secondo gradiente è generato da percorsi rigidi, in continuità al linguaggio del tessuto urbano, in cui la natura del **sottobosco** ha l'opportunità di generare degli spazi di aggregazione, di tempo libero e per attività legate a piccoli eventi per la comunità e per utenti del conservatorio. Tra i due gradienti si struttura una rete di canali vegetati e bacini di infiltrazione per la gestione sostenibile delle acque, definendo un habitat perfetto per accogliere la biodiversità locale, caratterizzante ed attrattivo. Il terzo gradiente invece si contrappone alla compressione dei sistemi del bosco, offrendo un'**ampia radura**, a prato rustico, per i grandi eventi musicali e sociali, in stretto dialogo con la Palazzina Ex Chimici. Il progetto si basa sul ruolo del suono all'interno del paesaggio del Bosco della Musica, inteso come l'elemento di sinergia tra la Musica e la Natura stessa del bosco. Un processo volto a coinvolgere gli utenti del parco mediante tutti i sensi e stimolando al contempo una inclusività nell'esperienza della musica. Il soundscape si fonda sul dialogo di tre differenti sonorità: i suoni **naturali** delle foglie e dei materiali, i suoni **faunistici** che caratterizzano le fasce naturali e i suoni generati da elementi **artificiali** come installazioni ed arredi sonori.



SUONI NATURALI



SUONI FAUNISTICI



SUONI ARTIFICIALI



## 3. Archeologia

---

### 3.1 Descrizione attività archeologica preventiva

Nell'ambito delle attività di progettazione, come richiesto dall'art. 25 del D.lgs. n. 50/2016 (ex artt. 95 e allegati XXI e XXII e 96 del D.lgs. 163/06), è richiesto il supporto dell'archeologia preventiva.

Più nello specifico, in fase di PFTE viene elaborata una VPIA (verifica preventiva interesse archeologico).

Tale relazione viene redatta, di concerto con il Funzionario Archeologo, sulla base di ricognizioni effettuate sul campo e di studio di archivio.

I documenti che vengono prodotti nell'ambito della VPIA sono:

- documento VPIA (relazione tecnica)
- documentazione grafica (Carta delle Unità di Ricognizione e della Visibilità in aree urbane/extraurbane; Carta del Rischio Archeologico relativo)
- Elaborazione GIS secondo DPCM del 14 febbraio 2022

L'esito consente di stabilire il rischio archeologico dell'area oggetto di intervento.

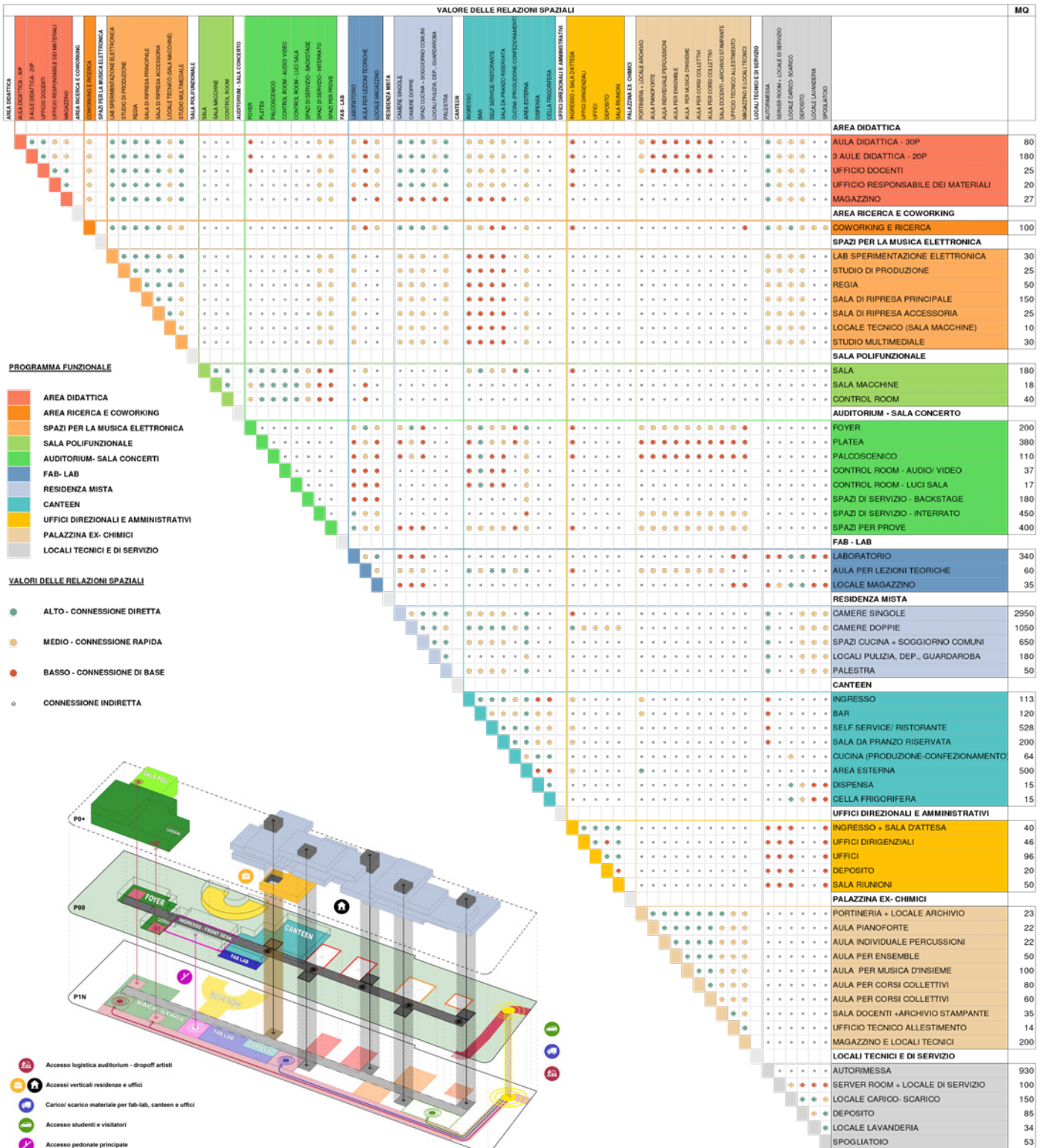
Sulla base della definizione del rischio (da nullo ad alto), nelle fasi successive di progettazione (progetto definitivo – esecutivo), la Soprintendenza può richiedere l'esecuzione di saggi di indagine al fine di verificare la presenza di preesistenze di carattere archeologico.

L'esito delle indagini, se positivo, può andare ad influenzare la progettazione: in caso di rinvenimenti pertinenti a preesistenze quali strutture (mura, strade, porzioni di acquedotto, ecc...) per le quali non è possibile prevedere lo smontaggio tramite scavo archeologico, interferenti con le nuove opere in progetto (ad esempio, un nuovo tracciato fognario), sarebbe necessario ricollocare tali opere.

# 4. Programma funzionale

## 4.1 Verifica di coerenza

Le relazioni e la rispondenza dimensionale delle funzioni richieste dal bando sono rappresentate nella seguente matrice. I differenti colori individuano macroblocchi tematici e le sottounità funzionali sono classificate per grado di relazione spaziale.





## 5. Acustica architettonica

### 5.1 Progettazione acustico-architettonica e comfort sonoro

La qualità acustica è intrinseca al progetto ed è presente in ogni sua parte, recepisce tutte le richieste del D.I.P. ed introduce alcune migliorie, nel rispetto delle leggi, dei decreti e delle norme di riferimento (D.P.C.M 5-12-1997, L. 447/1995, EN ISO 12354, 16283, 3382, ecc.). L'analisi è supportata da software dedicati e tools sviluppati ad hoc per BIM, e si esplicita in tre macrotemi.

L'Environmental Acoustics (per ambienti esterni) supporta la progettazione di un'oasi sonora mediante un'analisi predittiva di clima e di impatto acustici (software Soundplan). Si valuta il soundscape esterno, considerando ampi scenari che includono attività diverse, anche contemporanee, distribuite in tutto il parco e non solo nelle due cavee (amplificazione elettroacustica inclusa e appositamente sviluppata). Il progetto rispetta e supera i limiti dalla zonizzazione acustica, garantendo il comfort sonoro ai recettori sensibili delle aree limitrofe. La forma del terreno, la distribuzione arborea e la posizione degli edifici sono infatti, barriere acustiche naturali che evitano un'elevata dispersione sonora oltre i confini dell'area. Le facciate, sia dell'edificio esistente, sia di quelli di nuova costruzione, così come molti arredi, creano un effetto di scattering che aiuta a raggiungere gli obiettivi. Lo studio delle vibrazioni via solido derivanti dalle aree limitrofe (metropolitana, ferrovia ecc..) introduce antivibranti in fondazione.

La Building Acoustics definisce l'isolamento acustico delle partizioni verticali ed orizzontali dell'edificio per via aerea ( $R'w$  e  $D_{2m,n,T,w}$ ) e per via solido ( $L'_{n,w}$ ), e la rumorosità degli impianti ( $L_{ASmax}$  e  $L_{Aeq}$ ). Si determinano gli indici acustici considerando le destinazioni d'uso del singolo spazio, anche in relazione ai locali limitrofi e, ove necessario, la performance dell'elemento in bande di ottava (per un elevato isolamento alle basse frequenze, ex: sala percussioni, sale registrazioni, ecc). A tale scopo si propone una tabella guida (riferita agli spazi principali). Filtri acustici di ingresso, doppie porte e/o zone fonoassorbenti che circondano l'accesso allo spazio confinato sono pensati in caso di  $R'w > 55$  dB. Tabelle analoghe sono costruite per gli indici  $L'_{n,w}$  ed  $L_{eq}$ ,  $L_{amax}$ . Per gli ambienti acusticamente più sensibili (auditorium, sala polifunzionale, sale prova ecc.), considerando gli ambienti limitrofi, l'indice  $L'_{n,w}$  può essere molto restrittivo (fino  $L'_{n,w} < 45$  dB) e  $L_{eq}$  molto basso ( $L_{eq} \leq 25$  dB nelle medesime sale con attenzione alla sala registrazione).

La Room Acoustics garantisce la qualità sonora all'interno dei singoli spazi a partire dallo studio dei volumi, dei materiali (fonoassorbenti, riflettenti, diffondenti e comunque biocompatibili) e delle geometrie, in relazione alle possibili destinazioni d'uso (software predittivo Catt Acoustic).

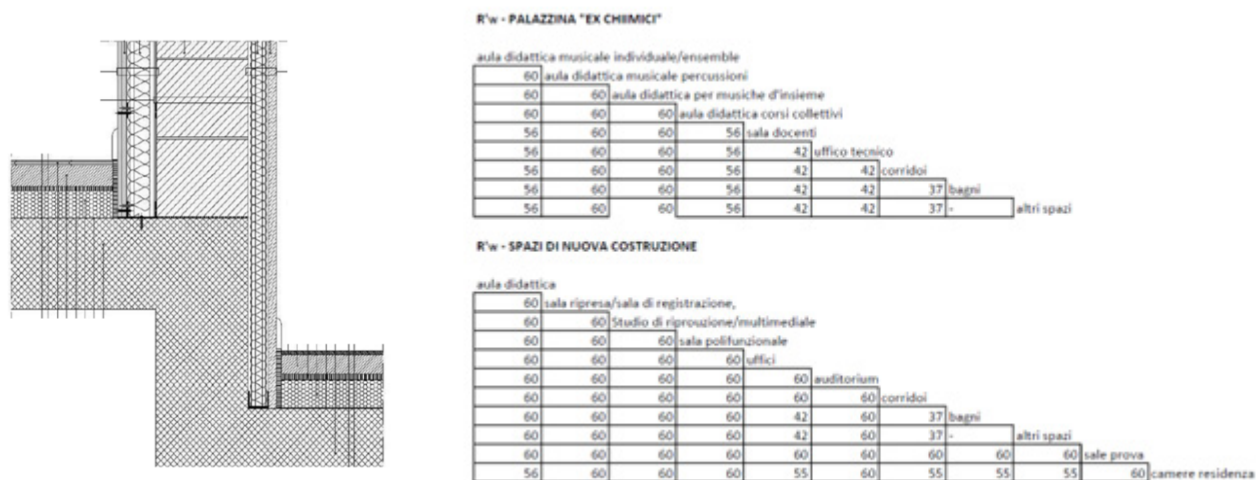


Fig. 6 - Dettaglio costruttivo per elevato isolamento acustico e matrici guida per i valori di potere fonoisolante in opera  $R'w$  per i principali ambienti di progetto

Gli ambienti sono tali da evitare distorsioni quali eco, ecoflutter, focalizzazioni, onde stazionarie (ex le sale prova individuali sono a forma sghemba, la sala registrazione è un “esagono allungato” ecc.). Il progetto è suffragato da simulazioni e plug in per BIM (special bim acoustic tools, integrated methodology) che ottimizzano la qualità dell’acustica naturale e dell’elettroacustica. Le linee di visibilità (il suono diretto), la pressione sonora SPL, i parametri binaurali e gli indici descrittivi tra i quali la Chiarezza (C80), di Definizione (D50), l’intelligibilità del parlato (STI), il Tempo di Riverbero RT, raggiungono i range ottimali (vedi tabella), includendo le condizioni del campo acustico naturale per integrare gli apparati elettroacustici. In generale, la predisposizione per l’acustica attiva variabile richiede un RT passivo “basso” ( $\leq 0.65$  s) e comporta, come per la multimedialità, l’introduzione di elementi scenotecnici quali grigliati a soffitto e a parete, integrati armoniosamente nel progetto architettonico, ove poter alloggiare le attrezzature. La portata dei grigliati (carico 500kg/mq) permette anche l’implementazione di tiri di scena e di organi motorizzati.

Sebbene, nel progetto, la variazione del campo sonoro è demandata principalmente ai sistemi elettroacustici, tendaggi di grammature differenti possono cambiare la risposta naturale. Nella Sala Polivalente e nell’Auditorium essi sono nascosti dietro “transparency walls” (superfici permeabili al suono) e sono facilmente manovrabili. Tale scelta ottimizza i tempi di allestimento e di controllo della risposta sonora. L’Auditorium è pensato per accogliere un sistema tipo d&b Soundscape o simile. Il sistema consente di definire i confini dello spazio acustico così come viene percepito e vissuto dagli ascoltatori. Questa dimensione può essere vissuta in tutti i contesti in cui avvengono performance musicali, presentazioni o con il solo parlato, siano esse dal vivo, o virtuali. Il sistema introduce una nuova dimensione all’approccio dell’amplificazione di un evento, creando una stretta correlazione tra la percezione visiva e quella uditiva, sia essa rivolta al massimo del realismo, o all’espressione astratta. Tramite il modulo software, può plasmare la dimensione acustica di un ambiente, portando, ad esempio, nello spazio (sia esso chiuso, o all’aperto) l’impronta acustica di alcune delle sale più rinomate al mondo. Il sistema può realizzare anche una camera acustica virtuale. Come nella sala polifunzionale è possibile posizionare sorgenti audio e possibilmente video in diverse posizioni per ottenere effetti puntuali o diffusi che enfatizzino i suoni generati dai software, sincronizzazioni con effetti video per una nuova realtà immersiva, ottenendo elaborazioni ad alte prestazioni, ricerca di interazione in tempo reale, indagini virtuali ecc. Nelle aule didattiche si considera la norma UNI 11532-2 richiamata anche nel Decreto CAM.

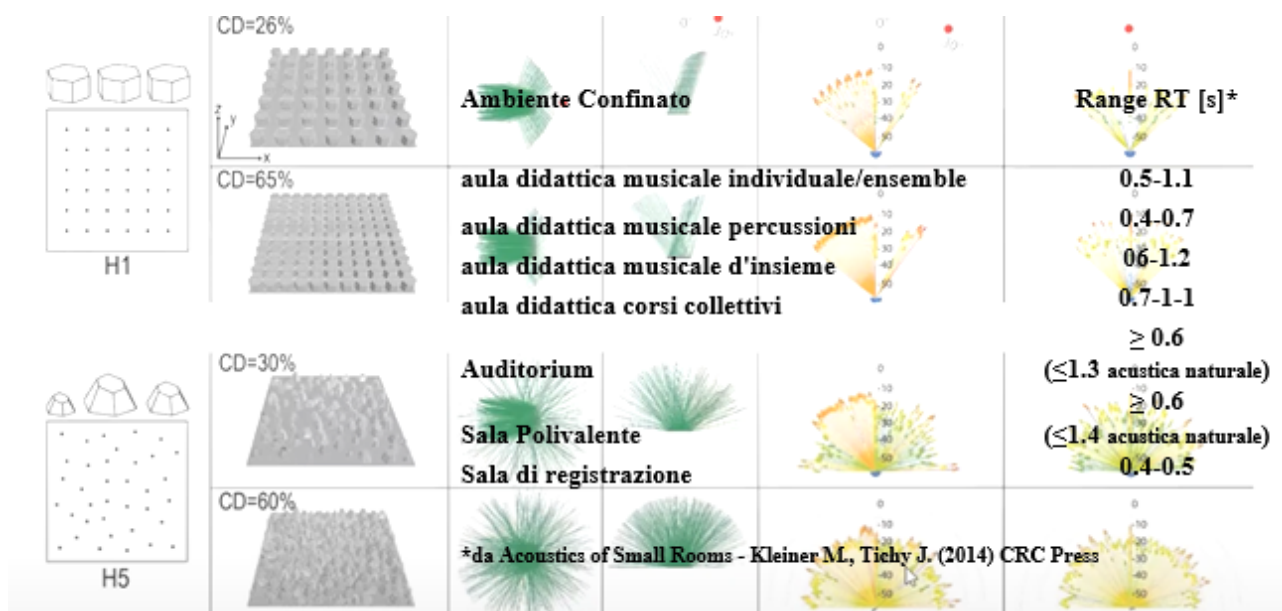
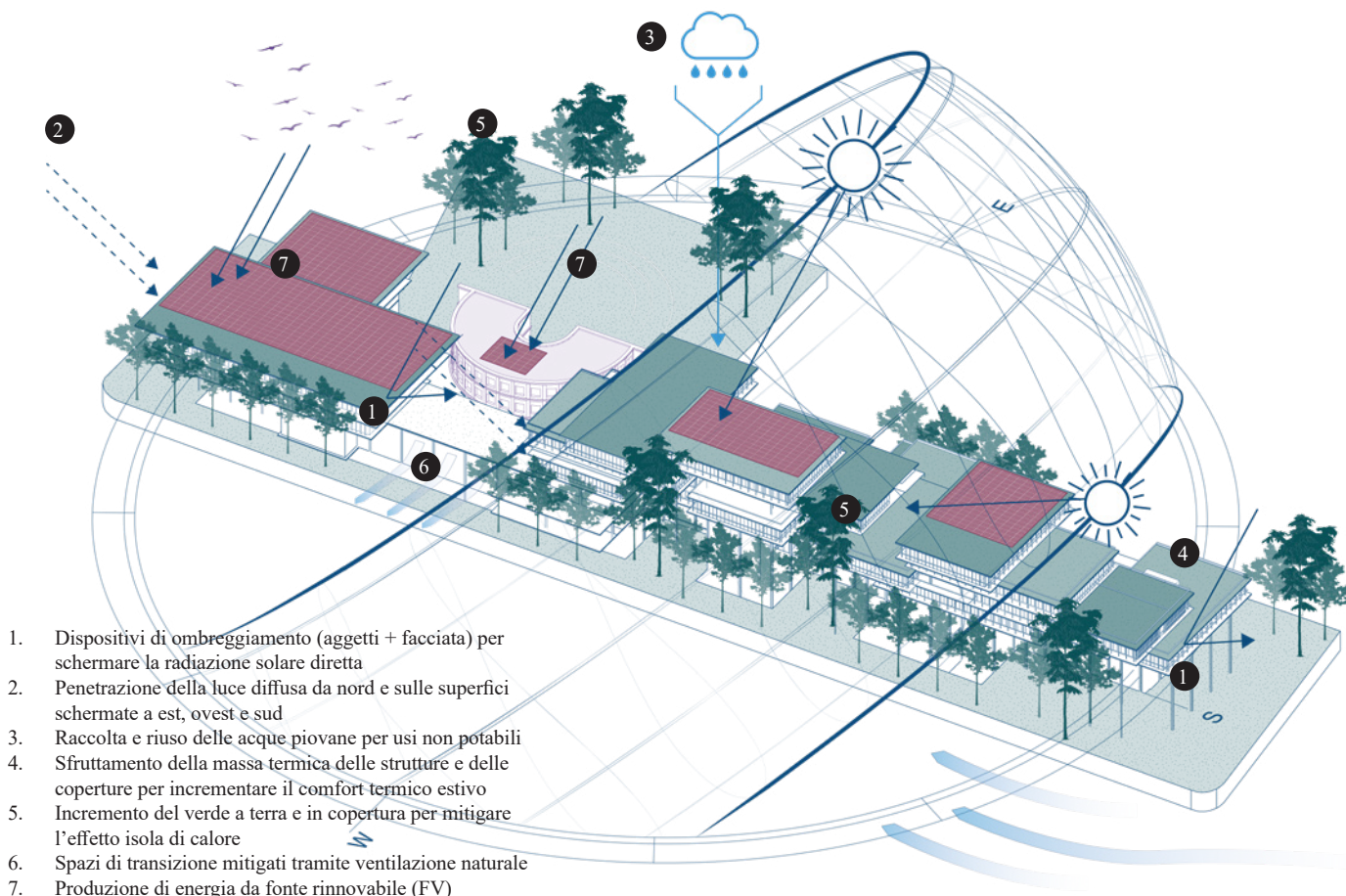


Fig. 7 - Range ottimale per i valori del Tempo di Riverbero in funzione della destinazione d’uso dello spazio confinato.

## 6. Sostenibilità

### 6.1 Strategie passive

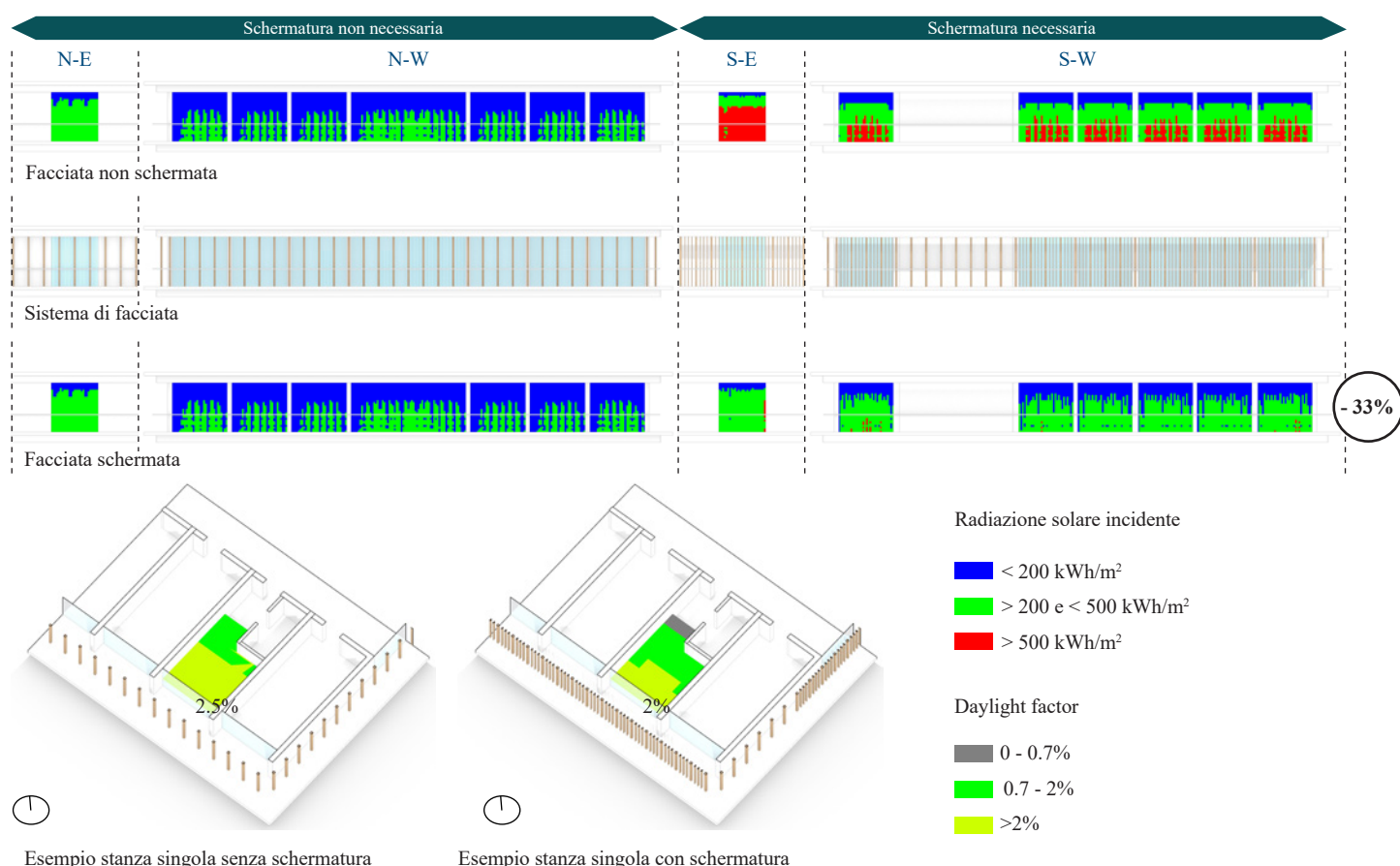
Il progetto intende rispondere alle sfide del cambiamento climatico, coerentemente con il PAC e con l'art. 10 del PGT. In linea con tale ambizione, il concept è informato da uno studio sul clima di Milano basato sulla proiezione dei **dati climatici al 2050**, in uno scenario intermedio di riduzione delle emissioni climalteranti. L'analisi climatica iniziale ha fornito spunti che sono stati tradotti in un sistema integrato di strategie passive e attive. Il clima di Milano si definisce subtropicale-umido (Cfa, secondo la classificazione Koppen) ed è caratterizzato da estati afose e inverni che alternano giornate rigide e miti (picchi estivi intorno ai 35 °C e minimi invernali intorno ai -5 °C). L'umidità relativa è elevata e maggiore al 70% durante tutto l'anno, particolarmente in inverno e di notte. Sovrapponendo le condizioni di temperatura e umidità, risulta possibile sfruttare la **ventilazione naturale** per poco più del 45% dell'anno, ossia nelle mezze stagioni (indice CPNV, F. Causone, Politecnico di Milano). I venti hanno frequenze prevalenti lungo tutto l'anno sull'asse Est-Ovest, sebbene nella stagione invernale provengano principalmente da Sud-Ovest, mentre in quella estiva da Est. Tuttavia la città, con il suo tessuto denso, risente particolarmente del fenomeno dell'**isola di calore** e risulta scarsamente ventilata, e l'opportunità di applicare tale strategia nelle ore notturne estive tenderà a venire meno in futuro. Occorre quindi favorire non solo permeabilità alle brezze, particolarmente utile per **mitigare gli spazi di transizione**, ma anche abbinare altre strategie finalizzate al contenimento dei carichi di raffrescamento: incrementare le superfici verdi oltre i minimi normativi, sfruttare la **massa termica delle strutture** e prevedere sistemi di **ombreggiamento**, assicurando al contempo un buon livello di **isolamento dell'involucro** per far fronte ai mesi più freddi.





Il cambiamento nel regime delle precipitazioni prevede una riduzione delle medie e un incremento dei fenomeni intensi. Ciò suggerisce la necessità di favorire la **permeabilità del sito** per assorbire le cosiddette bombe d'acqua (RIC stimato ampiamente superiore al requisito locale di 0,2), grazie ad una combinazione di coperture verdi, superfici a verde profondo e pavimentazioni permeabili. Al contempo, è opportuno **raccogliere e riutilizzare le acque meteoriche** durante l'intero anno, in modo da coprire gli usi irrigui e non potabili interni, creando un ciclo chiuso e riducendo sensibilmente il consumo di acqua potabile.

I livelli di radiazione solare sono relativamente elevati, con la prevalenza della componente diffusa specialmente nei mesi più freddi e nelle mezze stagioni, dovuta alla copertura nuvolosa del cielo. Tale componente diffusa risulta particolarmente vantaggiosa per illuminare naturalmente gli spazi di didattica e residenziali ai piani fuori terra e deve essere preservata, a discapito della radiazione oltre i 500 kWh/m<sup>2</sup>, responsabile dei carichi solari indesiderati in estate. A tal fine, i volumi che ospitano le residenze per studenti presentano una percentuale di involucro trasparente **tra il 50% e il 60%**, che consente di bilanciare le dispersioni termiche e i guadagni solari nelle due stagioni estreme. Il sistema di schermatura è stato concepito seguendo un **approccio responsivo**, ossia con un ritmo crescente in proporzione all'intensità della radiazione solare, e presenta uno sfalsamento rispetto alla linea termica, tale da generare degli **spazi di transizione pertinenziali**. La frequenza dei montanti si infittisce solo laddove la componente diretta della radiazione incidente risulta superiore, in particolare sui fronti est e ovest. Ne consegue una riduzione della radiazione incidente pari al 33% rispetto al volume privo di schermature, con i valori oltre i 500 kWh/m<sup>2</sup> che passano dal 15% all'1%, quasi nulli: tutta la radiazione che colpisce le componenti trasparenti è un pertanto guadagno passivo. Viceversa, l'ingresso della **luce diffusa** consente di avere valori di **FLDm intorno al 2% o superiori**, in base alle ostruzioni. Quanto descritto, in sinergia con le altre strategie previste da progetto, consentirà di adempiere agli standard minimi previsti dai CAM, da approfondire nelle fasi successive.



---

## 6.2 Strategie impiantistiche

Le prestazioni degli impianti garantiranno un servizio di prim'ordine all'edificio, che verrà progettato in termini di "smart building". Gli impianti saranno realizzati per ottenere i massimi risultati con il minimo "sforzo energetico".

La produzione di energia termica e frigorifera è realizzata con macchine frigorifere a pompa di calore polivalente a fonte geotermica che permettono di produrre acqua calda ed acqua fredda contemporaneamente trasferendo l'energia da un fluido all'altro realizzando quindi una sinergia tra ambienti ed utenze da riscaldare e quelli da raffreddare.

Gli impianti meccanici saranno progettati massimizzando l'utilizzo dell'acqua di falda presente nel sottosuolo. L'acqua di falda si trova ad una temperatura compresa tra 13°C e 16°C per tutto l'anno ed è quindi idonea ad essere utilizzata come fluido sorgente per l'alimentazione delle suddette macchine polivalenti.

L'acqua di falda sarà impiegata, dopo opportuno scambiatore a piastre, non solo per l'alimentazione delle pompe di calore polivalenti ma anche allo scopo di preraffreddare l'aria primaria di rinnovo attraverso le batterie delle unità di trattamento aria per l'auditorium e gli spazi collettivi.

Analogamente nelle residenze l'acqua di falda sarà impiegata direttamente per il raffrescamento con sistemi radianti a bassa entalpia, evitando quindi l'impiego dei compressori frigoriferi. La climatizzazione radiante permette inoltre di utilizzare in inverno acqua calda a bassa temperatura in modo da avere altissimi rendimenti delle pompe di calore.

Inoltre, dopo lo scambio termico a uso tecnologico attraverso lo scambiatore, e prima della restituzione in roggia, l'acqua di falda sarà opportunamente stoccata nella vasca interrata dove viene recuperata anche l'acqua meteorica per i seguenti scopi: alimentare i servizi igienici (wc), in alternativa all'acqua potabile e alimentare l'irrigazione delle aree a verde.

Oltre alla selezione di apparecchiature che offrono la massima efficienza disponibile sul mercato, si prevede l'impiego di sistemi di climatizzazione alimentati da fluidi energetici con circuiti a portata variabile, di circuiti idrici acqua potabile a portata variabile (massima portata e quindi massimo impiego energetico delle pompe solo quando serve), di sistemi di recupero d'energia termica e frigorifera contenuta nell'aria da espellere ad alta efficienza. Le reti aerauliche di distribuzione così come le unità di trattamento aria saranno dimensionate con basse velocità di attraversamento dell'aria in modo da ridurre le perdite di carico e di conseguenza l'energia elettrica utilizzata dai ventilatori per la movimentazione.

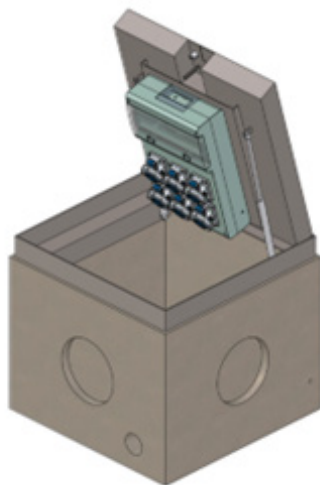


Fig. 8 - Tipologico Torretta carrabile a scomparsa tipo pozzetto con sportello a ribalta

Il progetto prevede l'impiego di apparecchiature ad alta efficienza e fonti di energia rinnovabili quali pannelli fotovoltaici installati in copertura. Si applicano le più recenti tecnologie di cablaggio modulare integrato con un sistema delocalizzato di controllo, anch'esso precablato e modulare.

L'impianto di illuminazione si realizza con apparecchi illuminanti a LED certificati McAdam 2 e gestiti da bus DALI tramite l'impiego di rilevatori di presenza/luminosità ubicati in ambiente che ne regolano l'accensione e il flusso luminoso. L'impianto di illuminazione di sicurezza impiega un sistema adattativo a 24V interconnesso con le centrali di rilevazione incendi ed il BMS in modo da attuare le più efficaci strategie di evacuazione dell'edificio indirizzando il flusso delle persone verso le più corte vie di esodo non interessate dall'incendio. I sistemi di distribuzione energia sono basati su un concetto di ridondanza totale sia a livello di cabina elettrica che a livello di quadri di distribuzione. Il sistema di gestione dell'edificio è concepito per gestire logiche di controllo carichi sia in condizioni normali che in funzionamento di emergenza. L'energia di riserva viene fornita da un gruppo elettrogeno e da sistemi UPS sistemi ibridi a cassette modulari.

Lo Smart Building è l'edificio che si adatta alle esigenze degli utilizzatori. Uno dei pilastri che permette di gestire l'edificio è la piattaforma di supervisione (BMS) che consente di governare gli impianti a servizio dell'edificio, di pianificare la manutenzione con applicativi sempre più sofisticati, raccogliere i dati che consentono analisi in tempo reale e successive, per migliorare la gestione e predire attività che spaziano dalla pianificazione della manutenzione, all'eventuale cambiamento dei layout interni, all'ottimizzazione dei consumi sulla base degli effettivi utilizzi delle aree, grazie all'uso di algoritmi di intelligenza artificiale e tecnologie di Big Data.. L'anello di connessione dell'utente all'edificio è individuato nel sistema di geo-localizzazione o indoor positioning system (IPS). L'IPS, è il sistema che localizza sia gli utenti dell'edificio all'interno dello stesso che gli assets e le parti della struttura interna. L'utente interagisce con l'edificio tramite l'IPS per mezzo di un applicativo da smartphone/tablet, rispettoso della privacy degli utenti, con il quale oltre che informare il sistema della sua posizione, gestisce tutti quei servizi che gli consentono di vivere meglio il suo tempo nell'edificio: comfort, comunicazione tra abitanti dell'edificio, mappa di navigazione indoor per i visitatori, prenotazione auditorium, sale prove, sale registrazione, aule didattiche, laboratori, risparmio energetico delle sale, ecc. Tutti gli spazi esterni saranno dotati di pozzetti impiantistici a tenuta (torrette da esterno carrabili o dissuasori di distribuzione elettrica) per collegamento di FM nel caso di esercitazioni/improvvisazioni/performance all'esterno.

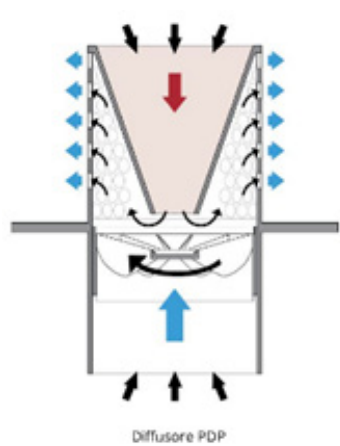
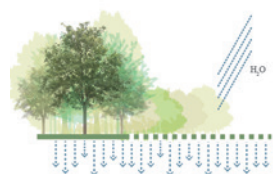


Fig. 9- Tipologico sistema di diffusione aria al piede poltrona



## 6.3 Nature-based solutions

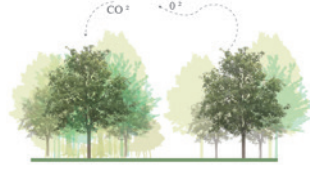
Le *Nature Based Solutions* sono delle soluzioni ispirate e supportate dalla natura, che forniscono contemporaneamente dei benefici ambientali, sociali, economici che aiutano a costruire dei processi di resilienza. Tali soluzioni apportano caratteristiche e processi più naturali, attraverso interventi sistemici adattati localmente e efficienti in termini di risorse. Sono stati identificati quattro obiettivi principali che possono essere raggiunti da soluzioni basate sulla natura: rendere le città più attraenti e migliorare il benessere umano, ripristinare gli ecosistemi degradati, sviluppare l'adattamento e la **mitigazione dei cambiamenti climatici**, e migliorare la gestione del rischio e la **resilienza**. Questo può portare a maggiori vantaggi rispetto ai metodi convenzionali e offrire sinergie nella riduzione di molteplici rischi. La gestione sostenibile delle risorse idriche nel progetto di paesaggio ha lo scopo di integrarsi alle azioni progettuali delle *nature based solutions*, al fine di limitare, mitigare e circoscrivere gli impatti delle azioni antropiche. L'acqua non è un elemento ostile ed estraneo, ma anzi fluisce armoniosamente nell'ambito. I percorsi propri dell'acqua, confluiranno all'interno dell'area di intervento diventando elementi caratterizzanti del paesaggio e di protezione dello stesso. La scelta di servirsi di sistemi SuDs (*Sustainable drainage systems*) prevede il riuso in loco delle acque, riducendo quindi il carico idrico al sistema fognario, i costi di trattamento delle acque, i costi di utilizzo di acque depurate. L'acqua, filtrando nel terreno, subisce un naturale processo di trattamento chimico-fisico di depurazione accentuato dall'appropriata scelta di specie vegetale. Il focus sull'area di intervento mostra le diverse soluzioni adottate per il sistema di raccolta delle acque piovane, tra cui terrazze a verde pensile, canali vegetati e rain-gardens. Questo tipo di soluzioni permette di incanalare le acque meteoriche all'interno dei bacini di infiltrazione e della vasca di accumulo sotterranea, al fine di inserirla in una strategia virtuosa di riutilizzo secondario, come ad esempio quello irriguo.



GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE E IMPLEMENTAZIONE DELLE SUPERFICI PERMEABILI



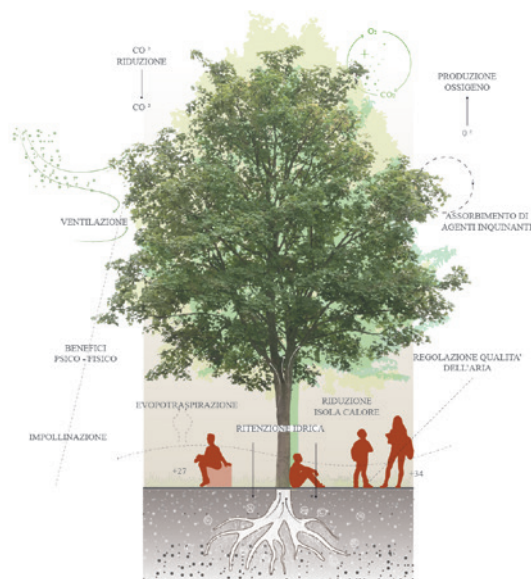
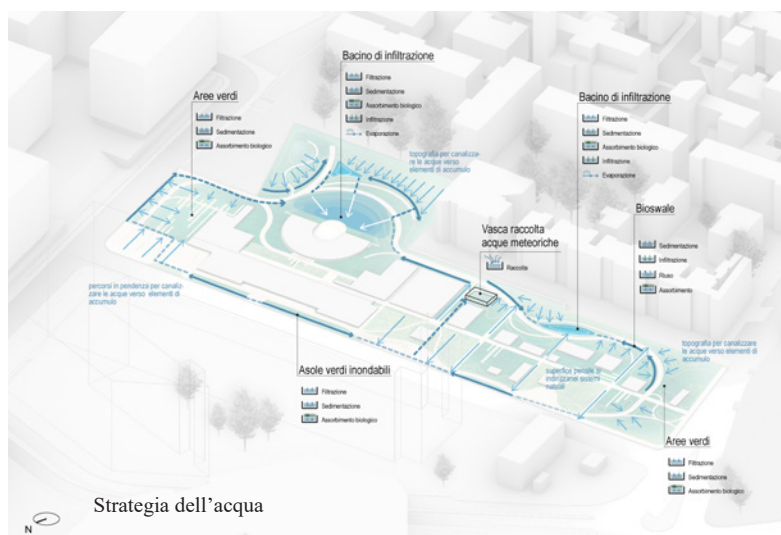
VALORIZZAZIONE DELL'ECOSISTEMA E DELLA BIODIVERSITÀ



MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E SULL'IMPATTO AMBIENTALE



MITIGAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO



# 7. Strutture

---

## 7.1 Concept strutturale

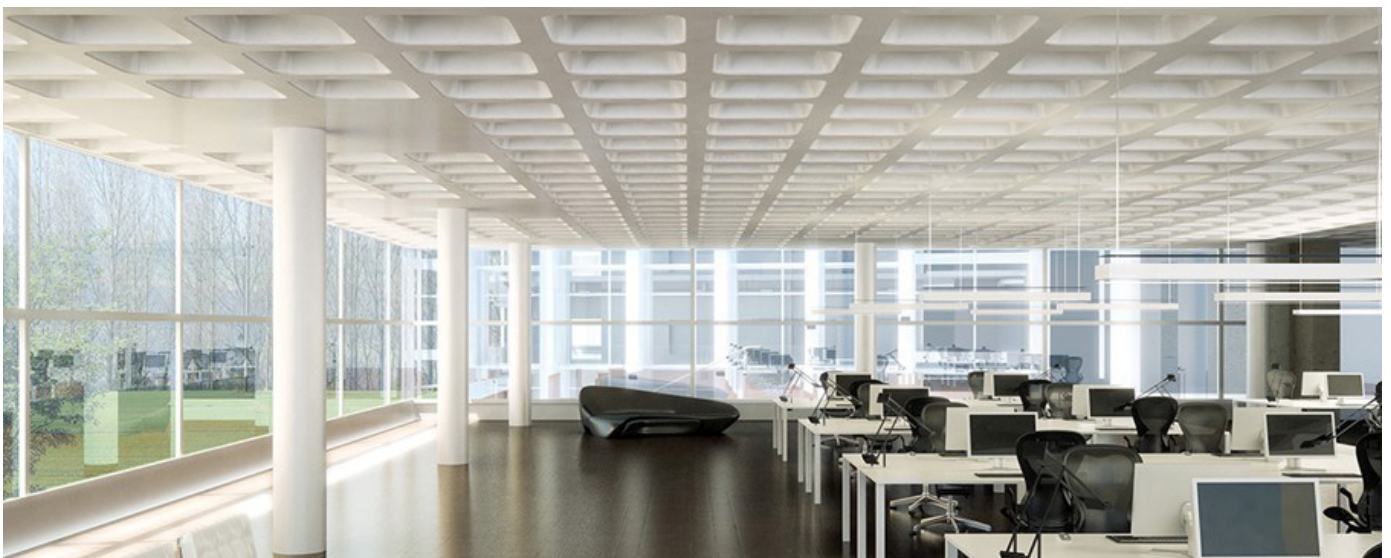
Il progetto delle strutture ha l'obiettivo di garantire la piena realizzabilità delle soluzioni architettoniche previste nel progetto mediante introduzioni di soluzioni tecniche moderne che garantiscano il raggiungimento delle prestazioni previste. Il concept strutturale prevede la creazione di uno scheletro portante in c.a con pilastri e piastre bidirezionali che sono collegate ad essi mediante pulvini a scomparsa. I carichi statici vengono affidati ai pilastri mentre quelli orizzontali sono affidati completamente ai nuclei scala ed ascensori posti all'interno degli involucri i quali mediante le piastre bidirezionali assicurano il comportamento di insieme.

Le piastre inoltre permetteranno di realizzare gli aggetti di luce variabile tra i 3 e i 5m da una parte grazie all'effetto bidimensionale delle strutture piane ma anche grazie alla razionale distribuzione dei carichi accidentali che non sono applicati nella zona più esterna degli sbalzi stessi. Il sistema costruttivo pensato prevede l'accoppiamento di strutture prefabbricate con elementi gettati in opera il cui collegamento sarà garantito mediante la realizzazione di nodi umidi che garantiranno la formazione di una continuità strutturale propria delle strutture gettate in opera. Questo concept strutturale permette di poter "portare" notevoli carichi anche se dovuti a destinazioni speciali quali spazi esterni come può essere rappresentato da un roof garden che presenta spessori variabili di terreno per messa a dimora di differenti essenze arboree.

Accanto all'adozione di una strategia strutturale che ci permette di conferire differenti linee di flusso delle sollecitazioni, la scelta dei materiali costruttivi rappresenta il secondo aspetto fondamentale che può permettere la realizzazione di questa idea progettuale e pertanto i materiali usati saranno: calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete) a normali prestazioni, per resistenze a compressione sino a C45/55, acciai per armatura a più elevata resistenza B450B, ed acciai per carpenteria metallica di classe S355.

L'edificio sorgerà in un'area posta nel comune di Milano che è classificata sismicamente come zona 3, ed avrà la destinazione d'uso assimilabile ad una scuola, ponendolo così tra quelli oggetto di maggiore attenzione per la protezione degli occupanti, sicurezza che sarà garantita con lo studio delle più moderne tecniche di protezioni dal terremoto, come l'isolamento sismico, che permette di garantire alti livelli di sicurezza con strutture leggere.

Tutta la progettazione verrà svolta nel rispetto delle norme tecniche sulle costruzioni vigenti in Italia, NTC2018 oppure Eurocodici ed in aggiunta a questi saranno anche rispettate le normative vigenti nella Regione Lombardia.

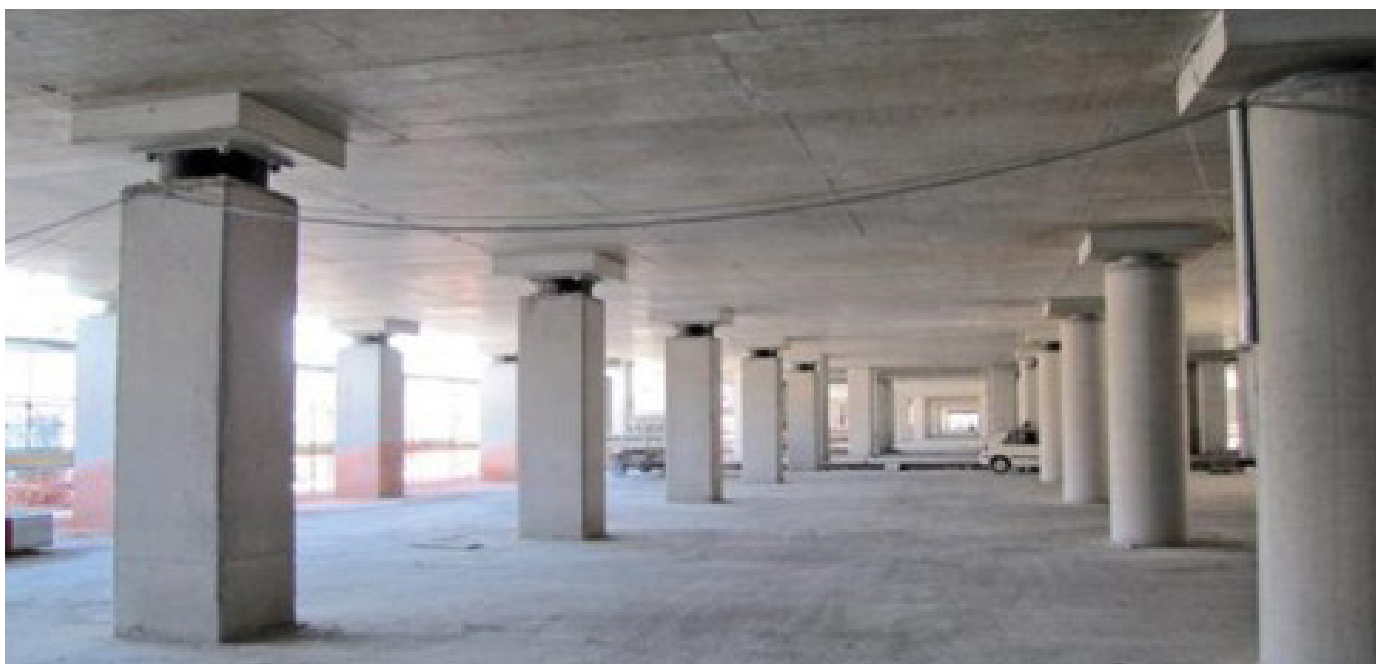


---

Particolare attenzione è stata posta nella concezione della struttura dell'Auditorium che oltre a presentare luci grandi da coprire rappresenta uno spazio destinato a grandi affollamenti, che nei confronti di un evento sismico pone l'edificio in grande attenzione per il valore esposto.

Al fine di consentire la copertura di grandi luci ed al contempo rispettare l'idea progettuale, si isolerà sismicamente l'edificio ottenendo così al contempo il duplice risultato di rendere l'edificio "sicuro" nei confronti degli eventi sismici sia per gli occupanti sia ai fini di un utilizzo in emergenza da parte della protezione civile comunale. Grazie a questa strategia progettuale è possibile dimensionare l'edificio per i soli carichi statici trascurando quelli sismici che sarebbero particolarmente vincolanti sia per le strutture stesse ma anche per le attrezzature musicali, scenografiche, fonoassorbenti e audio che possono assumere anche posizioni sospese.

Al fine di garantire l'installazione di dotazioni elettroacustiche in auditorium e sala polifunzionale, si realizzerà un piano sospeso alla copertura che essendo accessibile da personale addetto ai lavori, permetterà di collocare tutte le apparecchiature di illuminazione e di pannelli fonoassorbenti per permettere una corretta acustica delle sale. Il dimensionamento generale della struttura verrà eseguito mediante analisi con modelli FEM con i quali si riesce ad eseguire sofisticate analisi numeriche sia nei confronti delle classiche azioni verticali, vento e neve, ma anche analisi sismiche con la tecnica dell'analisi dinamica lineare modale. A partire da queste analisi, si procederà con dimensionamenti degli elementi strutturali conferendo ad essi tassi di sfruttamento del materiale molto elevati nel rispetto dei livelli di sicurezza attesi. Per vari piani della struttura sarà garantita la continuità strutturale e nel contempo saranno anche garantiti tutti i livelli di servizio dello stabile, con particolar riguardo agli spostamenti verticali ed orizzontali. In aggiunta, ma non di minor importanza, sarà analizzato anche l'aspetto dell'antincendio specificatamente per le strutture con combinazioni di carico che tengano conto dell'azione del fuoco al fine di garantire i livelli di resistenza  $R$  stabilite nell'analisi più gravose degli scenari presi in considerazione. In conclusione per quel che riguarda il piano interrato, verrà realizzato mediante la realizzazione di paratie di contenimento dei terreni poste su tutto il bordo che garantiranno condizioni di sicurezza per gli scavi anche in presenza di falda idrica, che si conosce essere presente a -4m dal piano campagna.





## 8. Sicurezza

---

### 8.1 Strategia antincendio

Il progetto definisce una strategia legata alla tipologia dell'attività, che vede la presenza di spazi didattici, un auditorium, residenze per studenti, autorimessa, spazi per gli impianti e di supporto. Di conseguenza si ricorre a soluzioni che nascono dalla corrispondente normativa in materia di prevenzione incendi distinguendo fra gli ambiti dove si applicano le norme di carattere prescrittivo (Auditorium) rispetto agli ambiti in cui si è ritenuto più opportuno applicare il codice di prevenzione incendi con le relative Regole tecniche verticali. Secondo tale logica i due macro ambiti risultano separati e comunicanti attraverso zone filtro a prova di fumo con ingressi e uscite indipendenti. Strutturalmente il sistema è stato pensato per garantire un valore di resistenza al fuoco non inferiore a R 60. Particolare attenzione è stata posta nella verifica del sistema dei collegamenti verticali che, oltre ad avere tale funzione, hanno, in particolare per la zona dello studentato, valenza ai fini della garanzia dell'esodo in condizioni di emergenza. In tale ottica è stata valutata anche la coerenza del sistema delle vie d'esodo con ambiti che dispongono di una sola via realizzata nella configurazione protetta con collegamento verticale a prova di fumo costituito dal filtro di accesso al vano scala. Tale soluzione è perseguibile atteso che il numero complessivo degli studenti che lo stesso studentato può accogliere risulta non superiore alle 300 persone.

Relativamente all'auditorium sono state seguite le previsioni di cui al DM 19.08.1996 avendo particolare attenzione al sistema della distribuzione dei posti nella sala, alla lunghezza delle vie d'esodo nella sala e fino a luogo sicuro. La configurazione delle scale che ne definiscono il sistema sono state pensate avendo quale parametro di riferimento la capacità di deflusso pari a 33 pers/mod. e prevedendo la compartimentazione delle sale rispetto al sistema di collegamento fra le sale presenti e i correlati ambiti.

Ai fini delle misure di prevenzione e protezione dal rischio incendio la progettazione ha tenuto conto della previsione dei seguenti impianti e misure:

- Rete idrica antincendio con riferimento al livello 3 di pericolo garantendo sia la protezione esterna che interna
- La previsione di sistemi di smaltimento fumo e calore di tipo naturale
- La garanzia della copertura dell'intera area e degli spazi con sistema di rilevazione e segnalazione incendi integrato con un impianto di tipo EVAC
- Garanzia di utilizzare materiali di arredo e rivestimenti con classi di reazione al fuoco coerenti con quelle che sono le misure discendenti dalla strategia messa in atto
- Garanzia che tutti i locali risultino coperti da un impianto di illuminazione ordinatoria e di sicurezza con valori di illuminamento, per entrambe le tipologie, coerenti con le destinazioni d'uso

Si persegue una strategia per cui ogni ambito risulti funzionalmente indipendente ed intrinsecamente sicuro.

## 9. Costi

### 9.1 Stima sommaria dei costi di intervento

In allegato la previsione sommaria della spesa suddivisa per categorie come richiesto dal bando. Gli importi si discostano leggermente dalle singole categorie delle opere secondo quanto espresso nel bando.

Lo scostamento fondamentale riguarda la parte degli impianti e delle strutture, data la complessità e unicità dell'architettura e dei suoi livelli e le soluzioni impiantistiche all'avanguardia ipotizzate per lo "2smart building", visto che le attuali condizioni di mercato considerano un discostamento dai prezzi molto rilevante. Il costo totale dell'importo risulta leggermente oltre quello di gara, con una soluzione però non standard e architettonicamente equilibrata e calata all'interno del contesto esistente.

Il prezzo totale non comprende una contingency stimata al 10% dell'importo. Verrà inoltre eseguita una attività di "Value engineering" per la determinazione dei costi durante la fase di progettazione definitiva.

| <i>ID opere</i> | <i>identificazione delle opere</i>      | <i>importo</i>         | <i>grado complessità</i> |
|-----------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| E.06            | Opere civili - Edilizia residenziale    | € 5.909.630,00         | 0,95                     |
| E.13            | Opere civili - Aree comuni              | € 9.696.170,00         | 1,20                     |
| E.19            | Opere di riqualificazione paesaggistica | € 2.131.350,00         | 1,20                     |
| E.21            | Riqualificazione di interesse storico   | € 2.701.680,00         | 1,20                     |
| S.03            | Strutture                               | € 6.281.050,00         | 0,95                     |
| IA.01           | Impianti sanitari                       | € 1.994.590,00         | 0,75                     |
| IA.02           | Impianti riscaldamento, raffrescamento  | € 2.804.570,00         | 0,85                     |
| IA.04           | Impianti elettrici                      | € 3.518.270,00         | 1,30                     |
|                 | <b>Totale</b>                           | <b>€ 35.037.310,00</b> |                          |