



POLITECNICO
MILANO 1863

Scuola di Architettura, Urbanistica Ingegneria delle costruzioni
Corso di Laurea magistrale a ciclo unico in Ingegneria Edile - Architettura
Anno accademico: 2025/2026



La psicologia architettonica applicata al nuovo polo culturale
di Cesano Maderno

Relatore: Marco Muscogiuri
Correlatori: Matteo Colombo,
Enrico Sergio Mazzucchelli

Anastasia Colombo 940976
Gaia Parini 967652
Leonardo Sambruna 966774

Giunti al termine di questo percorso universitario, desideriamo esprimere la nostra più sincera gratitudine verso i professori e tutti coloro che hanno dedicato tempo ed energie per accompagnarci in questi anni. I loro preziosi consigli sono stati fondamentali non solo per lo sviluppo della tesi, ma anche per la nostra crescita professionale e personale.

Innanzitutto, un ringraziamento speciale va al nostro relatore, il prof. Marco Muscogiuri, che ci ha guidati fin dal primo giorno di università con estrema professionalità. Le siamo profondamente grati per la sua capacità di ascolto e per averci sempre incoraggiati a dare il meglio di noi, sostenendo le nostre idee senza mai imporsi. La sua profonda conoscenza del mondo delle biblioteche è stata una guida fondamentale nel processo di progettazione di un edificio pubblico così complesso.

Desideriamo inoltre ringraziare i nostri correlatori, il prof. Matteo Colombo e il prof. Enrico Sergio Mazzucchelli, per la costante disponibilità e l'impegno dimostrati nel guidarci negli aspetti più tecnici del lavoro, offrendoci importanti spunti di riflessione. Grazie per aver messo a nostra disposizione il vostro tempo e le vostre competenze.

Desideriamo ringraziare la prof.ssa Angela Colucci per averci seguito con attenzione nella fase di analisi preliminare del contesto, permettendoci di impostare solide basi per l'intero progetto.

Un sentito ringraziamento va al prof. Gabriele Masera che ci ha supportati nell'affrontare la complessità del progetto tecnologico, dimostrando interesse e dedizione.

Un grazie speciale, infine, va a tutti gli amici che ci hanno costantemente supportato, e sopportato, in questo lungo percorso.

Anastasia, Gaia e Leonardo

SINOSSI

La società in cui viviamo volge sempre di più le sue attenzioni al comfort fisico delle persone: ciò si è tradotto in normative, prescrizioni, certificazioni da ottenere e tecnologie da sviluppare; talvolta a discapito del benessere psicologico degli utenti. Ciò che non bisogna dimenticare è che un progetto, qualunque sia la sua dimensione o funzione, deve avere come fine ultimo i suoi fruitori.

L'attuale biblioteca di Cesano Maderno non può più rispondere alla nuova connotazione che stanno assumendo gli edifici bibliotecari: non solo luoghi di accesso alla conoscenza, ma centri multifunzionali di aggregazione. Le biblioteche da semplici edifici per la raccolta e la consultazione di libri, si stanno riconfigurando come veri e propri centri culturali, nei quali i cittadini possono trovare un punto di incontro. Questo approccio si mostra fondamentale per Cesano Maderno, caratterizzato da una significativa eterogeneità demografica e culturale in cui è necessario un attivatore sociale, che superi il modello tradizionale di biblioteca, nella nuova ottica di centro culturale aperto a tutte le generazioni e predisposto all'incontro tra le culture.

È proprio in questa prospettiva che si sviluppa ARCO, il progetto si pone come un ponte tra la progettazione tecnica e la psicologia, supportata dagli studi neuroscientifici che si stanno diffondendo proprio per comprendere come l'ambiente in cui viviamo ci influenzi. L'obiettivo è stato quello di comprendere i principi che guidano la progettazione di ambienti pensati per il benessere delle persone ed applicarli ad un edificio culturale. La psicologia architettonica è stata assunta come strumento operativo alla base di ogni scelta: ogni ambiente deve supportare lo stato psicofisico che l'utente dovrebbe avere in base all'attività da svolgere, al grado di socialità o concentrazione necessario.

Questo studio si integra in modo trasversale agli aspetti tecnici dell'edificio: la conformazione architettonica, la distribuzione funzionale degli spazi, la struttura, gli impianti e l'illuminazione; orientati con l'unico obiettivo di rendere ARCO un luogo di benessere per tutti.

ABSTRACT

The society we live in is increasingly turning its attention to people's physical comfort: this has resulted in regulations, certifications to be obtained, and technologies to be developed, sometimes to the detriment of users' psychological well-being. What must not be forgotten is that a project, whatever its size or function, must have its users as its goal.

The current Cesano Maderno library can no longer respond to the new connotation that library buildings are taking on: not just places of access to knowledge but multifunctional gathering centres. Libraries, from simple buildings for collecting and consulting books, are being reconfigured as true cultural centres, where citizens can find a meeting point. This approach proves fundamental for Cesano Maderno, characterised by significant demographic and cultural heterogeneity, in which a social activator is needed, one that transcends the traditional library model, with a new perspective as a cultural centre open to all generations and predisposed to the encounter between cultures.

It is precisely from this perspective that ARCO develops; the project presents itself as a bridge between technical design and psychology, supported by neuroscientific studies that are increasingly aimed at understanding how the environment we live in influences us. The aim was to understand the principles that guide the design of environments designed for people's well-being and apply them to a cultural building. Architectural psychology has been adopted as the operational tool underlying each choice: each environment must support the psychophysical state the user should have based on the activity to be performed, the degree of sociality or concentration required.

This study integrates across the technical aspects of the building: architectural conformation, functional distribution of spaces, structure, systems, and lighting; oriented with the sole objective of making ARCO a place of well-being for all.

INDICE

PARTE I - STATO DELL'ARTE

1. LA BIBLIOTECA

1.1. L'EVOLUZIONE DELLE BIBLIOTECHE.....	01
1.1.1. STORIA DELLE BIBLIOTECHE.....	01
1.1.2. LE BIBLIOTECHE MODERNE.....	04
1.2. COME SI PROGETTA UNA BIBLIOTECA.....	05
1.2.1. I QUATTRO SPAZI DELLA BIBLIOTECA.....	06
1.2.2. I DIECI COMANDAMENTI DI FAULKNER-BROWN.....	07
1.2.3. LE SETTE PAROLE CHIAVE.....	07
1.2.4. I 17 PUNTI FONDAMENTALI DELLA PROGETTAZIONE.....	08
1.3. LE BIBLIOTECHE PUBBLICHE.....	09
1.3.1. DEFINIZIONE.....	09
1.3.2. IL RUOLO E GLI OBIETTIVI.....	09
1.3.3. IL RUOLO DELL'ARCHITETTURA NELLE BIBLIOTECHE PUBBLICHE.....	11
1.3.4. IL BENESSERE DELL'UTENTE.....	11
1.3.5. L'ARREDO.....	12
1.3.6. LA BIBLIOTECA E LA SOSTENIBILITÀ.....	14
1.4. CENNI DI BIBLIOTECONOMIA.....	15
1.4.1. INTRODUZIONE ALLA BIBLIOTECONOMIA.....	15
1.4.2. LE CINQUE LEGGI DI RANGANATHAN.....	15
1.4.3. I MODELLI BIBLIOTECONOMICI.....	16

2. CASI STUDIO

2.1. IDEA STORE WHITECHAPEL.....	19
2.2. BIBLIOTECA GABRIEL GARCIA MARQUEZ.....	23
2.3. DOKK1.....	27
2.4. OODI HELSINKI CENTRAL LIBRARY.....	31
2.5. MÉDIATHÈQUE PUZZLE.....	35
2.6. BIBLIOTHÈQUE ALEXIS DE TOCQUEVILLE.....	39
2.7. BIBLIOTECA DI VIIPURI.....	43
2.8. DEICHMAN BJØRVIKA.....	47
2.9. LA BIB LIBRARY.....	51
2.10. LOCHAL LIBRARY.....	55

3. PSICOLOGIA ARCHITETTONICA

3.1. PSICOLOGIA AMBIENTALE.....	59
3.2. PSICOLOGIA ARCHITETTONICA.....	59
3.3. NEUROARCHITETTURA.....	61
3.4. PROGETTAZIONE BIOFILICA.....	62
3.4.1. I PATTERN DI PROGETTAZIONE BIOFILICA.....	63

3.5. IL RUOLO DELLA NATURA E LA TEORIA DELLA RISTORAZIONE.....	69
3.6. PROSSEMICA E AFFOLLAMENTO.....	69
3.7. LINEE CURVE E RETTE.....	71
3.8. IL RUOLO DEL COLORE.....	71
3.9. IL RUOLO DELLA LUCE	72
3.10. IL RUOLO DEL RUMORE.....	72
3.11. AMBIENTI OSPEDALIERI	73
3.11.1. INTRODUZIONE.....	73
3.11.2. LE RICERCHE PER L'UMANIZZAZIONE	73
3.11.3. L'IMPORTANZA DEL CONTROLLO DELLO SPAZIO DEL PAZIENTE	75
3.11.4. L'IMPATTO DELLA LUCE SUL BENESSERE DEL PAZIENTE	75
3.11.5. GLI STIMOLI DELLA NATURA E DEL PAESAGGIO SUL PAZIENTE.....	77
3.11.6. LA DIMENSIONE DELLO SPAZIO DOMESTICO	78
3.12. AMBIENTI LAVORATIVI	79
3.12.1. SINDROME DELL'EDIFICIO MALATO	79
3.12.2. IL RUOLO DELLA LUCE	80
3.12.3. IL RUOLO DEL RUMORE	80
3.12.4. FATTORI DI INFLUENZA	80
3.12.5. DESIGN OPEN SPACE: OPPORTUNITÀ E CRITICITÀ.....	81
3.12.6. PRIVACY E PARATIE.....	83
3.13. AMBIENTI SCOLASTICI.....	84
3.13.1. INTRODUZIONE.....	84
3.13.2. IL RUOLO DELLA LUCE	85
3.13.3. IL RUOLO DEL RUMORE	87
3.13.4. IL RUOLO DELL'ARREDO	87
3.13.5. DENSITÀ	88
3.14. AMBIENTI MUSEALI.....	89

4. CASI STUDIO

4.1. SANATORIO DI PAIMIO.....	91
4.2. MEGGIE'S CENTRE.....	93
4.3. OSPEDALE DEI BAMBINI	97
4.4. HEADQUARTERS PRADA.....	101
4.5. MICROSOFT HOUSE.....	103
4.6. SCUOLA PER L'INFANZIA DIANA.....	105
4.7. SCUOLA PER L'INFANZIA GUSTALLA.....	107
4.8. ØRESTAD GYMNASIUM.....	109

PARTE II - STUDIO DEL CONTESTO

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

5.1. CONOSCENZA DEL TERRITORIO.....	113
5.2. STATO DI FATTO.....	113
5.3. QUADRO DEMOGRAFICO	115
5.4. SINTESI.....	117

5.5. L'ANALISI DEGLI STAKEHOLDERS	122
5.5.1. FASE INIZIALE.....	123
5.5.2. FASE DI PROGETTO.....	124
5.5.3. FASE DI ESECUZIONE	125
5.5.4. FASE DI CHIUSURA.....	125
5.5.4. FASE DI ESERCIZIO.....	126
5.6. LA VISIONE STRATEGICA.....	127
5.7. CONCEPT MAP	128
5.8. ANALISI DEL LOTTO DI PROGETTO.....	129

PARTE III - IL PROGETTO

6. IL PROGETTO ARCHITETTONICO

6.1. CONCEPT.....	133
6.2. PLANIVOLUMETRICO.....	136
6.3. PROGETTO E DISTRIBUZIONE FUNZIONALE.....	137
6.3.1. PIANO TERRA	140
6.3.2. PIANO PRIMO	144
6.3.3. PIANO SECONDO	145
6.4. PRINCIPI PER LA PROGETTAZIONE.....	146
6.5. IL DISEGNO DEI PROSPETTI	148
6.6. METODOLOGIA.....	152
6.7. CONCLUSIONI.....	153

7. PROGETTO STRUTTURALE

7.1. PREMESSE PROGETTUALI	157
7.1.1. SCHEMA GENERALE.....	157
7.1.2. QUADRO NORMATIVO	157
7.1.3. VITA NOMINALE.....	158
7.2. ANALISI DEI CARICHI	160
7.2.1. CARICHI PERMANENTI.....	160
7.2.2. CARICHI VARIABILI.....	161
7.2.3. COMBINAZIONI DI CARICO.....	162
7.3. DIMENSIONAMENTO STRUTTURA SECONDARIA.....	164
7.3.1. PROCEDIMENTO	164
7.3.2. ARcarecci	164
7.3.3. VERIFICHE SLU.....	167
7.3.4. VERIFICHE SLE.....	168
7.3.5. ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO.....	170
7.4. DIMENSIONAMENTO STRUTTURA PRIMARIA	172
7.4.1. PROCEDIMENTO	172
7.4.2. ARCO	172
7.4.3. FTOOL.....	173
7.4.4. VERIFICHE SLU.....	174
7.4.5. VERIFICHE SLE.....	175

7.4.6. ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO	176
7.5. PREDIMENSIONAMENTO SOLETTE IN CALCESTRUZZO	177

8. PROGETTO TECNOLOGICO

8.1. INTRODUZIONE	183
8.2. INVOLUCRO EDILIZIO	183
8.2.1. FATTORI ANALIZZATI	183
8.2.2. QUADRO NORMATIVO	184
8.2.3. MATERIALI UTILIZZATI	184
8.3. PACCHETTI TECNOLOGICI	186
8.4. BLOW UP	186
8.4.1. BLOW UP ESTERNO	195
8.4.2. BLOW UP GIARDINO	197
8.5. DETTAGLI COSTRUTTIVI	198
8.5.1. ANALISI PONTI TERMICI	212

9. ANALISI CLIMATICHE

9.1. INTRODUZIONE	217
9.2. OBIETTIVI E CONSIDERAZIONI INIZIALI	218
9.3. WORKFLOW	219
9.4. SCELTA DELLA VEGETAZIONE	220
9.5. RISULTATI	221

10. PROGETTO IMPIANTISTICO

10.1. STRATEGIE IMPIANTISTICHE	225
10.2. CARICHI TERMICI	228
10.2.1. CALCOLO DEGLI APPORTI INVERNALI	228
10.2.2. CALCOLO DEGLI APPORTI ESTIVI	229
10.2.3. CONCLUSIONI E SCELTA DEGLI IMPIANTI	230
10.3. GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	231
10.3.1. AREE E CALCOLO DELLE PORTATE	231
10.3.2. DIMENSIONAMENTO DELLE GRONDE	232
10.3.3. DIMENSIONAMENTO DEI PLUVIALI	233
10.3.4. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI DISSABBIATURA	233
10.3.5. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI RACCOLTA	234
10.4. IMPIANTO ANTINCENDIO	236
10.4.1. QUADRO NORMATIVO	236
10.4.2. OBIETTIVI DELLA PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO	236
10.4.3. DEFINIZIONE DEI PROFILI DI RISCHIO	236
10.4.4. REAZIONE AL FUOCO	238
10.4.5. RESISTENZA AL FUOCO	239
10.4.6. VIE DI ESODO	241
10.4.7. CONTROLLO DELL'INCENDIO	243
10.4.8. RIVELAZIONE ED ALLARME	244

11. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

11.1. DEFINIZIONE E OBIETTIVI	249
11.2. GRANDEZZE ILLUMINOTECNICHE	249
11.3. QUADRO NORMATIVO	250
11.4. SCELTE PROGETTUALI	251
11.4.1. ANALISI E SOLUZIONI	251
11.5. WORKFLOW	251
11.5.1. ANALISI PRESTAZIONALI DELL'EDIFICIO DI PROGETTO	252
11.5.2. POSIZIONAMENTO DELLE APERTURE ZENITALI	252
11.5.3. SCHERMATURE SOLARI E COMPONENTI VETRATE	253
11.5.4. POSIZIONAMENTO DELLA VEGETAZIONE ESTERNA	253
11.6. RISULTATI	256
11.6.1. GIUGNO ORE 12.00 CIELO SERENO	256
11.6.2. DICEMBRE ORE 12.00 CIELO SERENO	256
11.6.3. MARZO ORE 12.00 CIELO SERENO	256
11.7. CONCLUSIONI	257

12. CONFIGURAZIONE DEGLI INTERNI

12.1. NEURODESIGN	261
12.1.1. PRINCIPI FONDAMENTALI DEL NEURODESIGN	261
12.1.2. L'IMPATTO DELLO SPAZIO SUL COMPORTAMENTO DELL'UTENTE	262
12.2. LE VARIABILI PROGETTUALI	263
12.2.1. COLORI	263
12.2.2. MATERIALI	264
12.2.3. ARREDI	264
12.3. APPLICAZIONE PRATICA: ANALISI DI AMBIENTE CAMPIONE	267
12.3.1. AULA STUDIO	267
12.3.2. AULA COWORKING	271

13. CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

MONOGRAFIE	278
ARTICOLI E PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE	279
TEORIE E INDICI DI RIFERIMENTO	282
NORMATIVE	282
SITOGRAFIA	283

INDICE DELLE FIGURE

INDICE DELLE TABELLE

PARTE I

STATO DELL'ARTE

La comprensione di un tema progettuale complesso richiede - prima di tutto - la costruzione di un solido quadro di riferimento teorico. Questa prima parte ripercorre l'evoluzione storica e tipologica della biblioteca, dalle origini nell'antichità fino alle contemporanee biblioteche come luogo di ritrovo per la comunità, per definire i principi fondamentali della progettazione di questi spazi. Attraverso l'analisi di esempi internazionali e l'approfondimento della psicologia architettonica e della neuroarchitettura, si individuano gli strumenti concettuali che hanno orientato ogni scelta progettuale di ARCO: dall'approccio biofilico, alla prossemica, dal ruolo della luce e del colore, all'impatto degli ambienti sul benessere psicofisico degli utenti.

1. LA BIBLIOTECA

1.1. L'EVOLUZIONE DELLE BIBLIOTECHE

1.1.1. STORIA DELLE BIBLIOTECHE

Lo sviluppo e la conoscenza sono profondamente intrecciati, così come l'evoluzione storica delle biblioteche, sia dal punto di vista architettonico che funzionale, è stata strettamente legata alle condizioni socio-politiche che hanno plasmato le diverse esigenze funzionali e concettuali, determinando le conformazioni architettoniche delle biblioteche nel corso del tempo.

I primi spazi di raccolta di documenti scritti risalgono a oltre 4000 anni fa: si trattava principalmente di testi sacri e documenti legati a sovrani e culti religiosi.

La prima biblioteca vera e propria risale al periodo ellenistico in cui, grazie alla volontà di Tolomeo I Soter, si è dato inizio alla prima raccolta sistematica di documenti, avviando una missione di collezione e copiatura sistematica di tutte le opere che giungevano ad Alessandria.

In linea con quella che era la formazione e cultura ellenica, non erano presenti delle vere e proprie sale di consultazione quanto più spazi per la conservazione e luoghi per la discussione e l'incontro. Questo modello resta invariato fino alle prime biblioteche "pubbliche" romane.¹

Il momento di svolta si ha con la battaglia di Pidna nel 168 a.C., a seguito della quale numerosi colti greci e una gran quantità di libri vengono portati a Roma. Da questo momento la cultura greca inizia a contaminare nel profondo quella romana e da qui nascono le prime raccolte romane, continuamente arricchite dalle campagne militari in oriente, ma è quasi un secolo più tardi che viene realizzata la prima biblioteca nel Foro della Capitale. La tipologia resta quella ellenistica con una grande sala rettangolare che guarda ad Est, coronata da un portico ed un'abside, che ospita la statua di Atena.

In questo periodo la biblioteca assume già un ruolo sociale, che si perderà poi con il declino dell'Impero. Infatti, l'edificio era posto in posizione centrale, nei pressi delle altre funzioni pubbliche e considerato come una "basilica della cultura". I documenti erano catalogati e non solo consultabili, ma vi era anche la possibilità di prenderli in prestito.

"La biblioteca pubblica", scrive Fabio Troncarelli, "aveva il carattere di una grande memoria collettiva vivente, una sorta di Foro, ornato di statue e di splendidi dipinti, nel quale sotto ampie e ben illuminate finestre, si potevano approfondire gli studi e consultare opere introvabili sul mercato".³

Uno dei momenti più significativi per la diffusione della cultura scritta è legato all'invenzione del *volumen* con i quali si passa dalle pergamene alla creazione dei libri con la rilegatura di fogli rettangolari. Inoltre, l'interesse di importanti figure religiose per la cultura ne favorisce ulteriormente il commercio e la diffusione.⁴

Con la fine del dominio romano e l'inizio del Medioevo si ha una fase buia per la diffusione della cultura scritta, come è sempre stato considerato questo periodo

DALLE ORIGINI ALLA ROMA IMPERIALE



TRA I SECOLI BUI DEL MEDIOEVO E LA NASCITA DELLE UNIVERSITÀ

1 Muscogiuri, M. (2004). *Architettura della biblioteca: linee guida di programmazione e progettazione*. Milano: edizioni S. Bonnard, pp. 389-390

2 Vivarelli, M. (2013). Lo spazio della biblioteca: una introduzione bibliografica, *Biblioteche oggi*, 31(9), pp. 5-15

3 Troncarelli, F. (1997). *La comunicazione scritta dall'età tardoantica al Medioevo, La Città e la parola scritta*. Milano: Libri Scheiwiller, pp. 119-120

4 Muscogiuri (2004), pp. 391

Fig. 1.1. Raffigurazione della biblioteca di Alessandria © Otto Von Corvins

storico per molti secoli. La trasmissione del sapere scritto resta in questi secoli legata alla vita religiosa di monasteri benedettini, che hanno avuto più un ruolo di conservazione e copiatura, tanto che gli stessi amanuensi erano addirittura semianalfabeti. Questo lavoro di copiatura, a cui si dedicavano per molte ore della giornata, richiedeva la presenza di ambienti luminosi: gli *scriptorium*. Si trattava di ampi ambienti con sedute disposte a pettine perpendicolarmente alle pareti. Nei luoghi in cui il clima era meno favorevole venivano, invece, create delle nicchie lungo i perimetri dei chiostri detti *karulas* o *carolos* (da cui si sono poi ispirati i moderni carrel). Le biblioteche monastiche erano una componente interna alle abbazie, senza il forte carattere sociale dei secoli precedenti; svolgevano piuttosto tre funzioni principali (conservazione, lettura⁵ e copiatura) alle quali corrispondevano tre parti distinte, non necessariamente adiacenti tra loro.

Nel Basso Medioevo il bibliotecario era l'unico interlocutore tra i libri ed il lettore, mentre nell'Alto Medioevo, grazie agli ordini religiosi minori si diffonde la lettura individuale⁶, dando nuova intimità a questo aspetto e influenzando in modo radicale anche la conformazione degli spazi che venivano sempre più influenzati dall'arredo, al fine di rendere l'ambiente più accogliente ed a misura di persona con plutei per la scrittura e la lettura, mentre gli scaffali ospitavano i numerosi codici.

LA RINASCITA DELLA CULTURA

A partire dal XII secolo si vede uno sviluppo economico e sociale che permette la rifioritura della cultura. La vita sociale esce dalle mura dei luoghi religiosi e torna a rifiorire nelle città, promuovendo la nascita delle università ed un forte rinnovamento culturale, supportato da una maggiore accessibilità dei libri con l'utilizzo della carta.

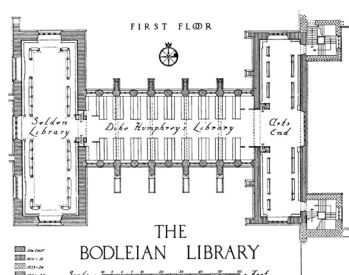
Una struttura bibliotecaria torna quindi ad essere fondamentale per l'organizzazione dei codici circolanti, fornendo un servizio di consultazione e conservazione che vede un pubblico differente e maggiore. Nasce quindi una nuova soluzione architettonica caratterizzata da una navata unica, scandita lateralmente dalle aperture, perpendicolari alle quali erano disposti i banchi per file parallele; mentre i libri erano incatenati ai plutei, quindi più facilmente consultabili.

La nascita delle biblioteche universitarie, dove le raccolte crescenti erano concepite come patrimonio della comunità, obbliga ad individuare un nuovo modello di suddivisione per discipline, con cataloghi che ne indicassero la collocazione. Genericamente erano caratterizzate in due aree: una di consultazione (*libraria magna* o *communis*) e una per i volumi prestabili (*libraria parva*).

Nel corso del XVII secolo la struttura bibliotecaria è fortemente influenzata dall'arte rinascimentale: si mantiene una navata centrale distributiva caratterizzata da una volta a botte, che ne individua la sacralità, questa era affiancata da due navate con volte a crociera in cui si collocavano i plutei. Sono quindi le stesse navate a suggerire la distribuzione degli spazi: uno più di passaggio e contemplazione, l'altro più rivolto alla raccolta ed allo studio individuale.

Il continuo aumento di volumi da conservare incentiva la modifica dell'arredo, un esempio è la biblioteca Marciana dove sopra ai leggi si iniziano ad inserire alcuni palchetti, chiamati scanni.

Progressivamente gli scanni diventano veri e propri scaffali, diventando



LO SVILUPPO ARCHITETTONICO NEL RINASCIMENTO

Fig. 1.2. Pianta della Biblioteca Bodleiana dell'università di Oxford

5 Ivi, p. 392. "Oltre alla vera e propria biblioteca di conservazione, v'era una reading collection di testi che circolava nei luoghi del monastero deputati alla lettura liturgica, devozionale, didattica: anticipazione, questa, estremamente moderna di ciò che oggi chiameremmo "biblioteca circolante, funzionale alla vita monastica, in aggiunta alla vera e propria biblioteca di conservazione."

6 Prima i libri venivano letti ad alta voce, per una maggiore comprensione, poiché privi di punteggiatura

ordinatori dello spazio bibliotecario e dando poi origine al "system-wall", modalità che si diffonde e resta lungamente in uso.

Gli scaffali vengono addossati alle pareti e i suoi livelli superiori sono raggiungibili con scale o ballatoi, rivestendole completamente di libri. Questo sistema viene utilizzato per tutto il XVII e XVIII secolo dove le pareti di libri erano intervallate da elementi strutturali, architettonici o scultorei. È in questa concezione e nella vicinanza delle biblioteche alle università che nasce la concezione della biblioteca come luogo di incontro di diverse discipline artistiche e culturali; fino alla nascita, nel XVIII secolo, di una tipologia architettonica per la biblioteca basata su un sistema a pianta centrale, con il rimando al "tempio della conoscenza". La pianta centrale assumeva conformazioni specifiche in base al contesto.

Nel corso del '700, con l'influenza delle teorie illuministiche e dei moti rivoluzionari, la biblioteca si fa promotrice di questi ideali diventando un vero e proprio edificio pubblico autonomo e tipologia architettonica. In questo secolo si raggiunge la massima espressione della biblioteca come tempio, con edifici a pianta centrale quali la British Museum Library. Ma è con Boullée che la connotazione pubblica dell'edificio si rispecchia anche nelle forme architettoniche, riprendendo l'archetipo della basilica romana, luogo pubblico di incontro per eccellenza, riadattato all'architettura bramantesca ed alle moderne esigenze tecnico-funzionali. Nel suo progetto per la nuova biblioteca di Parigi, il "system-wall" fa sì che i libri diventino architettura mentre il resto dello spazio resta vuoto. Egli individua due problematiche principali nelle biblioteche: la mancanza di spazio e la presenza delle gallerie che rendono difficoltoso sia il controllo che il servizio.⁷

Una possibile soluzione al secondo problema è la scelta di una pianta centrale, che si sviluppa sia per aspetti funzionali, sia per il senso di sacralità della forma, da connotare come uno degli edifici pubblici fondamentali; come sostenuto da Jean-Nicolas-Luis Durand, con il suo progetto per una biblioteca ideale.

L'ANFITEATRO DI LIBRI E IL TEMPIO DELLA CONOSCENZA

7 Boullée, E. L. (1967). *Architettura. Saggio sull'arte*, a cura di Aldo Rossi. Padova: Marsilio, pp. 116-119

Fig. 1.3. Rappresentazione della biblioteca di Sainte-Geneviève di Parigi



LA RIPARTIZIONE FUNZIONALE NEL CORSO DELL'OTTOCENTO



LA BIBLIOTECA POPOLARE

LE BIBLIOTECHE PUBBLICHE AMERICANE

Nel 1816 Leopoldo Della Santa teorizza la tripartizione della biblioteca, in relazione ai tre spazi funzionali: la sala di lettura in posizione centrale, le zone di catalogo; il deposito libri ed uffici erano ospitati in due ali laterali. Nella concezione di Della Santa, il bibliotecario è il riferimento principale per accedere ed individuare la collocazione dei libri sottoposti a catalogazione. Con il suo trattato egli fissa i presupposti per l'organizzazione delle biblioteche che verranno seguiti per il successivo secolo e mezzo. Queste linee guida si rispecchiano nella Staatsbibliothek di Berlino e nella biblioteca di Sainte-Geneviève a Parigi.⁸

Alcuni anni dopo, Antonio Panizzi, direttore della British Museum Library, sostiene una concezione della biblioteca che si può definire democratica: l'accesso ai libri deve essere fornito a tutti con risorse aggiornate e di qualità, sostenendo il "diritto di stampa", secondo il quale la biblioteca deve avere una copia di ogni opera stampata in Inghilterra, oltre alle opere estere di rilevanza per il paese. Egli fa una distinzione netta tra quella che deve essere una biblioteca pubblica ed una di ricerca (più completa e differenziata), sostenendo il diritto degli studiosi meno abbienti di poter accedere ad un numero maggiore di opere, di quelle che potessero trovarsi in collezioni private. Anche in questo caso la teoria vede un'applicazione pratica e architettonica con il progetto di ampliamento della British Museum Library ad opera di Sidney Smirke, che riesce a combinare l'assetto a pianta circolare, con il "system-wall" e realizzando "l'anfiteatro di libri" immaginato da Boullée.⁹

1.1.2. LE BIBLIOTECHE MODERNE

Nel secondo Ottocento, con la rivoluzione industriale, si vede la diffusione di un nuovo tipo di biblioteca: la "biblioteca popolare".

Questi edifici avevano lo scopo di rendere la lettura accessibile a tutti, in particolare alle classi lavoratrici, ma con motivazioni differenti da quelle teorizzate da Panizzi. Infatti, l'obiettivo era più in linea con quanto già attuato dalla chiesa durante la controriforma: controllare e veicolare le informazioni a scopo propagandistico e mirando a promuovere determinati ideali; dalla morale cristiana a quella vittoriana, dalla conoscenza politica alla censura di testi anarchici o socialisti.

Questo tipo di biblioteche si sviluppano parallelamente in Inghilterra e negli Stati Uniti, dove vengono istituite leggi che vincolano i paesi ad attrezzarsi di una propria biblioteca locale. In Europa, invece, si sviluppano più tardivamente con le biblioteche urbane.

Nel Nord America, la biblioteca diventa un vero e proprio edificio pubblico, finanziato per legge dalle casse della comunità, e che si identifica come "istituto della democrazia", rispondendo anche a particolari esigenze educative, inserito in un contesto sociale multietnico con forti differenze culturali e linguistiche, che dovevano riunificarsi in un'identità nazionale.

Le biblioteche si trasformano quindi in modo da rispondere alle molteplici esigenze dalla comunità, rivolgendosi a tutte le fasce di età. Ciò si traduce nella raccolta di documenti aggiornati, legati al mercato editoriale corrente, più che a fondi storici.

I servizi, e di conseguenza gli ambienti, si dividono in prestito e consultazione. In questa nuova concezione, il bibliotecario è solo un mediatore e consulente, mentre tutto si concentra sull'utente. Dall'architettura all'arredo la progettazione muta per migliorare l'esperienza dei diversi soggetti, in un ambiente più amichevole e familiare a partire dall'altezza delle scaffalature, la dimensione e la conformazione degli spazi.

Fig. 1.4. Rappresentazione della British Museum Library di Londra datata 9 maggio 1857

⁸ Muscogiuri (2004), pp. 404

⁹ Ivi, p. 405

Anche la catalogazione e la conseguente organizzazione dei libri necessita una rivalutazione dando vita a diverse teorie di classificazione sempre più articolate, prima tra queste la Dewey Decimal Classification (DDC).

Si inizia quindi a codificare la connotazione funzionale dello spazio e le biblioteche diventano centro di aggregazione sociale, dotandosi di sale per le riunioni ed altri servizi per la comunità. Tanto che nel 1911 James Bertram¹⁰ pubblicò *"Pamphlet Notes on the Erection of Library Buildings"*, nel quale si definiscono le linee guida per la progettazione di piccole biblioteche, individuando sei schemi planimetrici esemplificativi. Queste indicazioni progettuali si concentravano su una corretta economia degli spazi, la distribuzione interna e la possibilità di ampliamento successiva; persiste l'idea del bibliotecario che da un punto centrale possa supervisionare l'intero ambiente, come nel sistema a pianta centrale, in questo caso più in un'ottica funzionale che simbolica. Nelle biblioteche di dimensioni maggiori, lo stile suggerito è quello neopalladiano o neoromanico, al fine di identificarli quali edifici istituzionali, ma con l'attenzione a spazi per bambini e sale di lettura comuni tra uomini e donne, aspetti del tutto innovativi rispetto ai secoli precedenti.

Successivamente la *American Library Association* (ALA) definisce delle norme di metodo per la realizzazione delle *public library* ponendo l'attenzione sui medesimi temi di Bertram, implementati del tema del comfort ambientale.

Nell'Europa continentale, i primi grandi esempi di biblioteca pubblica innovativa si hanno con le biblioteche di Stoccolma di Asplund¹¹ e quelle realizzate da Aalto. I due architetti riescono a far convergere le prescrizioni per le biblioteche pubbliche americane, con le teorie biblioteconomiche moderne, tra cui quella di Ranganathan, ponendo al centro l'utente ed il suo benessere in un contesto pubblico.

Le loro opere si presentano come importanti riferimenti urbani sia esternamente, che all'interno generando ampi vuoti che siano luogo di incontro tra libri e persone, l'intero ambiente continua a svilupparsi intorno al nucleo del sistema ancora rappresentato dal bibliotecario.

Nel corso della storia le biblioteche hanno seguito le evoluzioni tecnologiche ed i cambiamenti economico-sociali, progredendo sia a livello di contenuti che di complessità. Ad oggi la biblioteca non può più essere considerata come un deposito di documenti, ma acquista una funzione più complessa: sociale, civile e pedagogica.¹²

Fatta eccezione per i grandi esempi citati in precedenza, molte biblioteche europee sono state ricavate da edifici esistenti, associate a luoghi polverosi e poco accoglienti. Negli ultimi anni si è vista una rifunzionalizzazione di questi spazi, che non sono più dedicati solo alla raccolta dei documenti, ma sono sempre più integrati con attività trasversali al servizio della comunità. È proprio in questa direzione che si stanno progettando le biblioteche moderne.¹³

1.2. COME SI PROGETTA UNA BIBLIOTECA

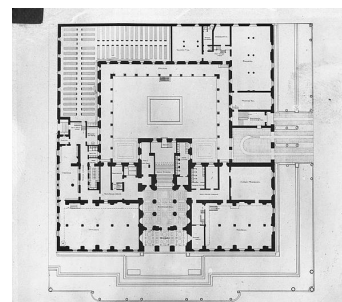
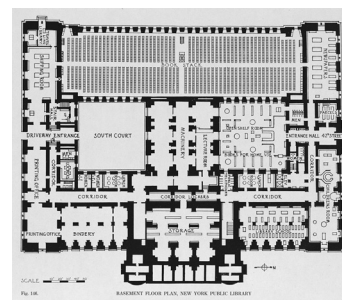
Il ruolo della biblioteca, nel corso del tempo, ha subito un cambiamento radicale: da semplice custode della cultura, è diventato un luogo di socialità e aggregazione. Questa trasformazione ha influito anche sulle funzioni che in esse vi sono insediate. Progettare una biblioteca è, quindi, diventato un

¹⁰ Segretario dell'industriale e filantropo Andrew Carnegie, che finanziò e promosse la costruzione e l'ampliamento di molte *public library* in America e Scozia

¹¹ Muscogiuri (2004), p. 414. A seguito di un viaggio di studio in America, proprio per approfondire il tema delle biblioteche pubbliche afferma: *"I tre elementi principali di una biblioteca sono: i libri, il pubblico e i bibliotecari"* delineando una concezione estremamente moderna

¹² Galluzzi, A., Salarelli, A. (2018). Dialogando sui modelli, *Biblioteche oggi Trends*, 4(1), pp. 4-11

¹³ Galluzzi (2016), pp. 9-12



L'ESPERIENZA EUROPEA

Fig. 1.5. Pianta del piano terra della New York Public Library © Library of Congress

Fig. 1.6. Pianta del piano terra della Boston Public Library © Library of Congress

processo molto complesso in cui è necessario bilanciare funzioni e obiettivi che, talvolta, possono risultare in contrasto tra loro.

La progettazione deve sempre essere guidata dalle esigenze dell'utilizzatore singolo e della comunità, con l'obiettivo di realizzare un ambiente dinamico e in continua evoluzione, che sia un punto di riferimento per la società.

1.2.1. I QUATTRO SPAZI DELLA BIBLIOTECA

Il cambiamento del ruolo della biblioteca nella società ha messo in risalto la necessità di attuare un rinnovamento di tale istituzione. Nel 2010 in Danimarca, il Ministero della cultura ha istituito il *Committee on Public Libraries in the Knowledge Society*, il quale ha pubblicato un report riguardante le strategie e le politiche da seguire per il rimodernamento delle biblioteche.

Nel 2012 è stato pubblicato il *Model Program for Public Libraries*¹⁴ che si propone come un catalogo di casi studio e, al tempo stesso, una raccolta di linee guida di programmazione e progettazione.

OPEN LIBRARY

La prima linea di azione indicata dal Committee è l'"*open library*": la biblioteca del futuro deve configurarsi come un luogo aperto ed accessibile, che offra servizi incentrati sui bisogni dell'utente e della comunità, in spazi architettonicamente interessanti e attraenti.¹⁵

La seconda linea di indirizzo indicata nel report riguarda le biblioteche pubbliche come attivatori per sviluppare e rafforzare l'offerta formativa, a partire dai bisogni degli utenti. Da questa indicazione si sviluppa il nuovo modello biblioteconomico dei quattro spazi.¹⁶

DEFINIZIONE DEI QUATTRO SPAZI

I quattro spazi vanno intesi come "intenzioni spaziali e funzionali" che trovano riscontro non solo in termini di spazi fisici, ma anche in termini di servizi, risorse digitali e attività. L'obiettivo di questo modello è di far sì che la biblioteca riesca ad essere per gli utenti occasione di esperienza, coinvolgimento, innovazione e crescita.

Le quattro aree sono strettamente connesse tra di loro e sono:¹⁷

- *Inspiration space* (ispirazione ed esperienza): la biblioteca deve essere occasione di ispirazione e *serendipity*, un luogo in cui creare collegamenti e aprire orizzonti. Proprio per questo, sono essenziali sia il lavoro svolto dal bibliotecario che deve selezionare, organizzare e presentare le risorse, sia quello dell'architetto che deve progettare spazi funzionali e suggestivi;
- *Learning space* (apprendimento e scoperta): la biblioteca deve essere il luogo di apprendimento e di scoperta, di formazione permanente, di supporto alla ricerca e ad attività di studio; devono quindi essere erogati anche corsi, conferenze, laboratori e attività didattiche per la popolazione. La qualità degli spazi è fondamentale poiché essi devono essere flessibili per poter diversificare le attività svolte all'interno;
- *Meeting space* (socializzazione e partecipazione): la biblioteca deve essere luogo di socializzazione e di partecipazione, il "terzo luogo" per eccellenza; deve creare occasioni di incontro e di socialità;
- *Performative space* (creatività e performance): la biblioteca deve essere spazio interdisciplinare, di creatività e innovazione; gli utenti non sono



Fig. 1.7. Spazi di incontro, socializzazione e studio alla Oodi Helsinki Central Library © Tuomas Uusheimo

14 Il *Model Program for Public Libraries* è stato pubblicato nel 2012 dalla *Danish Agency for Culture and Palaces* con la consulenza di architetti e designer (Signal Architects) e della *Royal School of Library and Information Science* (professore Dorte Skot-Hansen)

15 Muscogiuri, M. (2016). Disegnare il futuro: verso l'open library. *Biblioteche oggi*, 34(8), p. 6

16 Il *Four-spaces Model* è stato elaborato da Dorte Skot-Hansen, Henrik Jochumsen e Casper Hvenegaard Hansen della *Royal School of Library and Information Science*

17 Muscogiuri (2016), pp. 9-13

solo consumatori di cultura ma anche produttori, la partecipazione e la cooperazione tra utenti e personale deve essere stimolata per condividere competenze e specializzazioni nei vari settori.

1.2.2. I DIECI COMANDAMENTI DI FAULKNER-BROWN

Nel 1977, Faulkner-Brown¹⁸ enunciò quelli che vennero considerati, a posteriori, i “dieci comandamenti”¹⁹ per la realizzazione della biblioteca ideale.

Il primo requisito è la flessibilità: l'edificio deve essere progettato con uno schema distributivo e strutturale che garantisca la possibilità di effettuare cambiamenti nel tempo della distribuzione interna delle funzioni. L'edificio deve essere compatto, con percorsi semplici e ridotti all'essenziale, e accessibile. Inoltre, deve essere ampliabile poiché è un organismo in continua crescita e deve essere variato, ossia con un'ampia offerta di documenti che soddisfino le esigenze di tutti.

Un altro requisito è l'organizzazione, che deve essere efficace per garantire maggiore facilità nell'identificazione dei documenti e delle funzioni. L'edificio deve essere confortevole: gli spazi interni devono avere requisiti tali da garantire il benessere degli utenti, non solo dal punto di vista fisico ma anche psicologico.

Infine, la biblioteca deve avere un ambiente costante, deve essere sicuro sia per gli utenti che per i documenti e deve essere economica, non solo per il costo di costruzione ma anche per il suo mantenimento.

1.2.3. LE SETTE PAROLE CHIAVE

A partire dai requisiti enunciati da Faulkner-Brown, sono state individuate sette parole chiave per la progettazione di una biblioteca pubblica del XXI secolo.²⁰

Le sette parole chiave sono: accessibilità, visibilità, articolazione, evoluzione, benessere, sostenibilità, molteplicità.²¹

Accessibilità e visibilità sono due concetti strettamente connessi. La prima indica non solo porre particolare attenzione nei confronti degli utenti più svantaggiati, ma anche la facilità d'uso per tutti gli utilizzatori; la seconda è connessa alla facilità di riconoscere l'edificio all'interno del contesto urbano, rafforzando la continuità tra interno ed esterno, e alla capacità di colpire e permanere nella memoria, diventando punto di riferimento per la comunità.

Lo spazio bibliotecario deve essere articolato con un'evidente e chiara gerarchia di spazi e percorsi per rendere più facile l'orientamento. Non può - però - essere uno spazio rigido poiché bisogna garantire la possibilità di un'evoluzione, essendo la biblioteca un “organismo in crescita” secondo la quinta legge di Ranganathan: i requisiti fondamentali sono, quindi, adattabilità, flessibilità e polivalenza.

Una biblioteca deve essere confortevole nel senso più ampio del termine e deve essere progettata con un unico scopo: il benessere dell'utente, non inteso solamente come comfort ambientale ma anche psicologico. Lo spazio deve essere accogliente, rassicurante, familiare e deve trasmettere un senso di sicurezza.

Un altro concetto fondamentale è la sostenibilità, inteso in modo ampio, sia in

18 Harry Faulkner-Brown, architetto consulente per biblioteche e membro dell'IFLA, ha elaborato questi dieci requisiti in occasione dell'IFLA Library Building Seminar di Brema nel 1977.

19 Muscogiuri, M. (2009). *Biblioteche: Architettura e progetto: Scenari e strategie di progettazione*. Santarcangelo di Romagna (Rimini): Maggioli, pp. 79-80

20 L'individuazione di tali parole è stata effettuata dall'architetto Marco Muscogiuri, all'interno dell'opera *Biblioteche: Architettura e progetto: Scenari e strategie di progettazione* (2016)

21 Muscogiuri (2016), pp. 81-93

senso ecologico che economico. La progettazione deve massimizzare l'utilizzo di risorse rinnovabili e materiali a basso impatto ambientale, ma deve anche essere svolta una gestione razionale delle risorse.

La settima parola è molteplicità, che è insita nella natura stessa della biblioteca ed è strettamente collegata all'accessibilità e all'articolazione. La biblioteca pubblica deve essere democratica, luogo di multimedialità, multiculturalità e contaminazione, in cui le esigenze di tutti vengono soddisfatte, rispettando e valorizzando la varietà che caratterizza la comunità che la utilizza.

1.2.4. I 17 PUNTI FONDAMENTALI DELLA PROGETTAZIONE

Antonella Agnoli nel testo *Le piazze del sapere*, identifica 17 concetti fondamentali che forniscono una sintesi degli obiettivi, delle strategie e degli strumenti da adottare per un'efficace progettazione:²²

- Coinvolgere e mobilitare i cittadini a sostegno della biblioteca, che è servizio necessario sul territorio, al pari della scuola materna, della polizia locale o dei pompieri. Organizzarli per far sentire la loro voce nelle istituzioni, costringendo gli amministratori locali a occuparsi del problema;
- Adattarsi alle caratteristiche del quartiere, della città, del paese, guardare al territorio e a chi ci vive, in particolare ai cittadini che non la frequentano. Per la biblioteca non esistono modelli validi ovunque, anche se l'esigenza di creare luoghi accoglienti e culturalmente ricchi è universale;
- Partire da analisi approfondite, cercare di capire chi sono gli utenti, perché sono instabili nella loro frequentazione e perché è così difficile conquistarne di nuovi. Commissionare studi sull'immagine della biblioteca fra i non frequentatori;
- Non resistere ai cambiamenti ma integrarli e, se possibile, anticiparli. Riflettere su come colmare il baratro che si è creato tra la generazione Gutenberg e quella i-Pod;
- Osservare come le persone si comportano e come si muovono: trarne spunti per migliorare gli spazi, la collocazione dei materiali, i servizi, anche ispirandosi alle soluzioni sperimentate nel settore privato;
- Rendere visibile attraverso l'architettura, l'arredamento e il comportamento del personale un forte senso di accoglienza: i cittadini devono "istintivamente" sentirsi bene in biblioteca, come se entrassero in un vecchio negozio del quartiere o nel caffè in piazza fondato cento anni fa;
- Creare luoghi con un'atmosfera informale, dove i comportamenti siano più autoregolati, con l'aiuto del personale, che imposti da un elenco di divieti. Commisurare ogni limitazione al beneficio e al danno che provoca, invece di adottare politiche del tipo "sicurezza ad ogni costo";
- La comunicazione non può essere improvvisata, deve essere frutto di uno studio in cui architettura, colori, arredi, regole, orari e personale siano valutati insieme;
- Partire dal presupposto che il cittadino medio non conosce, e non vuole conoscere, il gergo bibliotecario, quindi ogni indicazione deve essere espressa in un linguaggio, o in simboli, comprensibili anche a uno straniero appena arrivato;
- L'ordine artificiale della biblioteca deve essere reso facile ed accessibile come Google, Amazon e altre piattaforme di ricerca, condivisione e scambio presenti su internet;



Fig. 1.8. Spazi open-space informali a libero utilizzo dell'utenza alla Seattle Central Library di OMA © Philippe Ruault

22 Agnoli, A. (2009). *Le piazze del sapere: Biblioteche e libertà*. Roma: Laterza, pp. 157-159

- Solo chi è anticonformista, creativo e audace avrà posto nella biblioteca di domani; meglio ignorare i tradizionali profili professionali a vantaggio di nuove figure che provengano da ambiti differenti e con competenze modellate sui bisogni di un centro di incontro fra i cittadini e di iniziativa culturale, un luogo attivo sul territorio;
- Far prevalere le competenze sulle gerarchie, anche sperimentando forme di inquadramento in cui tutto il personale è allo stesso livello;
- Far partecipare i cittadini al progetto della biblioteca, alle sue iniziative, al suo proiettarsi all'esterno. Accogliere ogni sorta di associazione, mettendo a disposizione gli spazi: la biblioteca è un pezzo di città, dove per caso ci sono anche dei libri;
- Portare i documenti della biblioteca in tutte le sedi dove esistono cittadini limitati nella loro libertà di spostamento: ospedali, case di riposo, carceri;
- Coinvolgere gli internauti nella creazione di nuovi contenuti per il portale della biblioteca. Diventare per loro uno spazio reale di sperimentazione e di dibattito. Incitare i giovani a combattere il digital divide, iniziando l'alfabetizzazione informatica dei loro genitori e nonni;
- Creare un nuovo spazio urbano dove gli sguardi sempre più smarriti e solitari possano incontrarsi. Creare un luogo di partecipazione per coloro che sembrano aver perso il senso del bene comune, il piacere dello stare insieme e di sentirsi cittadini;
- Essere consapevoli che il progetto va frequentemente rivisto in tutti i suoi aspetti: culturale, tecnologico, organizzativo.



1.3. LE BIBLIOTECHE PUBBLICHE

1.3.1. DEFINIZIONE

La biblioteca pubblica è un'istituzione caratteristica delle società democratiche, nata con l'obiettivo di garantire l'accesso libero e gratuito alla conoscenza. A differenza di altri tipi di biblioteche (universitarie, di ricerca, scolastiche, specializzate, etc.), la biblioteca pubblica è destinata ad una comunità eterogenea, un'utenza generale ma non generica, perciò deve offrire servizi pensati per soddisfare le esigenze di tutti.

Luigi Crocetti²³ ha definito, in un convegno, le principali caratteristiche che fanno sì che una biblioteca sia pubblica: il carattere di biblioteca generale e non specializzata, la gratuità dei servizi fondamentali, il carattere di forte contemporaneità ed il fatto di essere proprietà dell'ente pubblico.²⁴

Come precedentemente analizzato, la biblioteca pubblica nel corso degli anni ha ridefinito i propri obiettivi; non si tratta più solo del luogo in cui vengono conservati i documenti, ma anche di un luogo con un attivo ruolo sociale, caratterizzato da polifunzionalità e inclusività. Essa diventa un punto di riferimento essenziale per la comunità, promuovendo la crescita personale e collettiva.

1.3.2. IL RUOLO E GLI OBIETTIVI

Le biblioteche pubbliche oggi non sono solo depositi di libri, ma spazi vitali che contribuiscono al benessere delle comunità in cui operano. Il cambiamento subito dalle biblioteche negli ultimi vent'anni è stato approfondito da Elena Orte

²³ Luigi Crocetti è stato un bibliotecario italiano e docente di biblioteconomia

²⁴ Muscogiuri, M. (2004). *Architettura della biblioteca: Linee guida di programmazione e progettazione*. Milano: Edizioni S. Bonnard, p. 44

Fig. 1.9. Spazi urbani di aggregazione per la comunità alla Dokk1 di Aarhus, Danimarca © Adam Mørk

e Guillermo Sevillano; secondo gli architetti di SUMA la biblioteca pubblica deve diventare anzitutto un vero e proprio condensatore sociale, un luogo che sia in grado di essere al contempo estensione della casa e della città, domestico e urbano, in grado di captare e amplificare quelle situazioni che favoriscono la diffusione, lo scambio e la produzione di conoscenza e di informazione.²⁵

Accanto al ruolo di diffusore di conoscenza e promotore di lettura, il ruolo sociale è quindi fondamentale e non trascurabile. Questa forte impronta sociale è particolarmente spiccata nei casi in cui le biblioteche pubbliche sono state motore di riqualificazione urbana, contribuendo alla trasformazione e al rilancio di spazi cittadini in declino, come nel caso della Lochal di Tilburg e degli Idea Store di Londra.

L'AVVENTO DELLA TECNOLOGIA

La biblioteca pubblica ha anche dovuto affrontare l'avvento sempre più rapido della tecnologia; per questo si è dovuta adattare e conformare all'innovazione tecnologica che ha caratterizzato gli ultimi decenni. L'integrazione di servizi tecnologici e modelli aperti di conoscenza (*Open Access* e *Open Data*)²⁶, è stata fondamentale per far sì che la biblioteca mantenesse il suo ruolo attivo nella società.

Un esempio di massima innovazione che si fonde con la creatività si ritrova nei *library makerspace*, spazi dotati di stampanti 3D e di una ricca strumentazione audio-video e informatica, nati come luoghi in cui i cittadini possono realizzare le proprie creazioni.²⁷

L'innovazione del polo bibliotecario è quindi necessaria per la sua sopravvivenza in un periodo storico in cui sono al bivio tra la possibilità di rilanciare il proprio ruolo e il rischio di scomparire. La biblioteca pubblica deve quindi diventare un centro culturale integrato di servizi per la cultura, la formazione, l'informazione, la creatività, lo studio, il tempo libero e la socializzazione,²⁸ un vero e proprio "catalizzatore" della vita urbana.

IL TERZO LUOGO

Questa visione ampia del ruolo della biblioteca pubblica la configura come un luogo terzo, che non può essere pensato fuori dal contesto sociale nel quale si inserisce. Ray Oldenburg, professore di sociologia urbana, all'inizio degli anni Ottanta ha sviluppato il concetto di luogo terzo: esso è uno spazio che non viene strettamente definito in base alla funzione che svolge ma è il collante della società che permette alla creatività e ai processi di progettazione e creazione di trovare un terreno fertile su cui svilupparsi.

Il luogo terzo ha delle caratteristiche ben definite: è gratuito o poco costoso, garantisce disponibilità di cibo e bevande, è facilmente accessibile dalla comunità di riferimento, è un luogo accogliente e comodo, un terreno neutrale e senza obbligazioni, è un livellatore di differenze, la conversazione è l'attività principale ed è caratterizzato dalla presenza di *habitué*.²⁹

DEFINIZIONE DI OPEN LIBRARY

La biblioteca, oggi, può costituire un luogo terzo per eccellenza, essendo uno dei pochi ambienti gratuiti e destinati alla comunità.

Oltre che luogo terzo, la biblioteca pubblica deve puntare ad essere una "*open library*", ossia un luogo aperto e accessibile, con ampi orari di apertura, che offra servizi incentrati sulle necessità degli utenti e integrati con funzioni pubbliche, in ambienti architettonicamente stimolanti, flessibili e ben arredati.³⁰

25 Muscogiuri, M. (2023). Una Casa de lectura per la comunità locale. *Biblioteche oggi*, 41(8), p. 4

26 Guerrini, M. (2017). Le biblioteche nella cultura europea contemporanea. *Biblioteche oggi Trends*, 3(2), p. 7

27 Ivi, p. 12

28 Muscogiuri, M. (2023). Essere biblioteca, fare biblioteche. *Biblioteche oggi*, 41(7), p. 36

29 Cavalli, N. (2017). La biblioteca come luogo terzo: con un contributo sugli Idea Store londinesi. *Biblioteche oggi Trends*, 3(2), pp. 44-45

30 Muscogiuri (2016), p. 4

Come precedentemente accennato, le biblioteche devono essere luoghi polifunzionali, che accostano alle funzioni culturali elementi di intrattenimento e di svago. Alla sua natura di infrastruttura della conoscenza e centro di documentazione locale, si affiancano la natura pedagogica e quella sociale.

La progettazione della biblioteca deve quindi ideare spazi adeguati ad ospitare laboratori di formazione per garantire il *Lifelong Learning*, ossia apprendere per tutto l'arco della propria vita. Per adempiere a questa funzione, la biblioteca pubblica può organizzare e gestire programmi di alfabetizzazione per l'uso di tecnologie informatiche, programmi di insegnamento e auto-apprendimento di lingue straniere, corsi professionalizzanti per il mondo del lavoro e programmi di promozione della lettura. Dal punto di vista sociale, la biblioteca ha assunto, negli ultimi decenni, il ruolo di luogo di aggregazione, sostituendo la piazza pubblica. Uno degli obiettivi che la biblioteca pubblica si pone è quello di attrarre tipologie di utenti differenti e, per fare ciò, è stato necessario ampliare il target di riferimento inserendo funzioni quali caffetteria, spazi informali per lo svago e postazioni computer.

1.3.3. IL RUOLO DELL'ARCHITETTURA NELLE BIBLIOTECHE PUBBLICHE

A partire dai principi esposti da Harry Faulkner-Brown negli anni '60 e '80, Andrew McDonald, all'inizio del XXI secolo, ha aggiunto l'effetto "wow".³¹ Questi nuovi valori esprimono il cambiamento radicale che ha vissuto e sta ancora vivendo la biblioteca pubblica.

L'edificio deve essere in grado di comunicare, essere attrattivo per tutti e contribuire a rendere leggibile la città, favorendo processi di integrazione e scambio tra cittadini e territorio. È necessario progettare uno spazio che non sia isolato ma aperto e permeabile, capace di dialogare con il contesto; garantire continuità tra interno ed esterno attraverso ampie vetrate, spazi all'aperto verdi e connessioni fisiche invita il pubblico ad entrare e a vivere la biblioteca come un'estensione dello spazio pubblico.

Gli ambienti che si sviluppano devono avere varie forme, altezze, dimensioni, illuminazione e atmosfere, creando un'esperienza spaziale mutevole che incuriosisce l'utente e lo spinge ad esplorare e, di conseguenza, ad interagire con parti dell'edificio che non avrebbe motivo di vivere. Spazi differenti garantiscono flessibilità e permettono di accogliere attività diverse, da aree dedicate alla lettura silenziosa e allo studio a spazi per eventi, laboratori, coworking e incontri; è compito del progettista garantire che queste aree convivano armoniosamente.

Infine, la biblioteca deve essere attrattiva; un'architettura stimolante, accogliente e innovativa può trasformare la biblioteca pubblica in un'icona del territorio, consolidando il proprio ruolo di centro culturale e di vita per la città.

È quindi chiaro che l'architettura delle biblioteche pubbliche non è solo una questione estetica, ma uno strumento per rendere la cultura accessibile, migliorare la qualità della vita urbana e creare spazi per la comunità.

1.3.4. IL BENESSERE DELL'UTENTE

Nell'architettura, il concetto di benessere dell'utente sta acquisendo sempre maggiore rilievo. Non si parla più solo di benessere fisico, di temperature e illuminamento adeguati, ma anche di comfort mentale e psicologico. La biblioteca deve essere in grado di accogliere, di essere un ambiente familiare e rassicurante, all'interno del quale ogni tipologia di utente si sente a proprio agio. L'utilizzatore vive in modo personale e unico lo spazio della biblioteca,

³¹ Guerrini (2017), p. 9

perciò sono estremamente importanti gli aspetti di flessibilità di spazi e arredi per poter soddisfare le esigenze di tutti.

L'unico modo per garantire lunga vita alla biblioteca è progettare luoghi che abbiano un'ottima qualità dello spazio, nei quali gli utenti possano stare bene e sentirsi a casa, che svolgano il ruolo di "luogo terzo".³² Quando si progetta una biblioteca, si deve agire in maniera ambiziosa proponendo strategie diffuse di benessere, coinvolgendo direttamente la comunità attraverso pratiche partecipative per contrastare le disuguaglianze. Le biblioteche, in quanto organi di prossimità, devono svolgere un ruolo di salvaguardia del benessere del tessuto sociale.³³

Il benessere, però, non è solo della comunità ma anche del singolo ed è possibile ricercarlo attraverso delle attenzioni da avere nella progettazione architettonica e spaziale. Fondamentale è il ruolo della luce, con la quale è possibile creare atmosfere diverse in base alle funzioni che si insediano in quella determinata area. Una buona luce naturale, ad esempio, rende lo spazio piacevole dando all'utente maggiori stimoli. L'esperienza dell'utente può essere anche influenzata positivamente dai colori e dai materiali utilizzati, dalla qualità acustica e dal design degli ambienti interni, venendo stimolati dall'architettura stessa.

Infine, anche la natura svolge un ruolo rilevante: spazi verdi, aree all'aperto, connessione tra interno ed esterno attraverso grandi vetrate permettono agli utenti di vivere un'esperienza migliore, non sentendosi "rinchiusi" in un labirinto di scaffali e libri.

BIOPHILIC DESIGN

Sulla base della spontanea tendenza degli essere umani a sentirsi bene in mezzo alla natura, è stato fondato il *Biophilic Design*, concetto introdotto per la prima volta negli anni '80 dal biologo e teorico americano Edward O. Wilson.

I vantaggi dell'applicazione di questo concetto sono numerosi: permette di ridurre lo stress, migliorare l'umore e aumentare la produttività; dal punto di vista del benessere fisico, migliora la qualità dell'aria e riduce l'inquinamento acustico; infine, incoraggia l'uso di materiali sostenibili e soluzioni eco-compatibili riducendo l'impatto ambientale degli edifici. Per i numerosi vantaggi, il Biophilic Design viene già attualmente applicato nella progettazione delle biblioteche olandesi, affiancato a studi sul benessere ambientale.

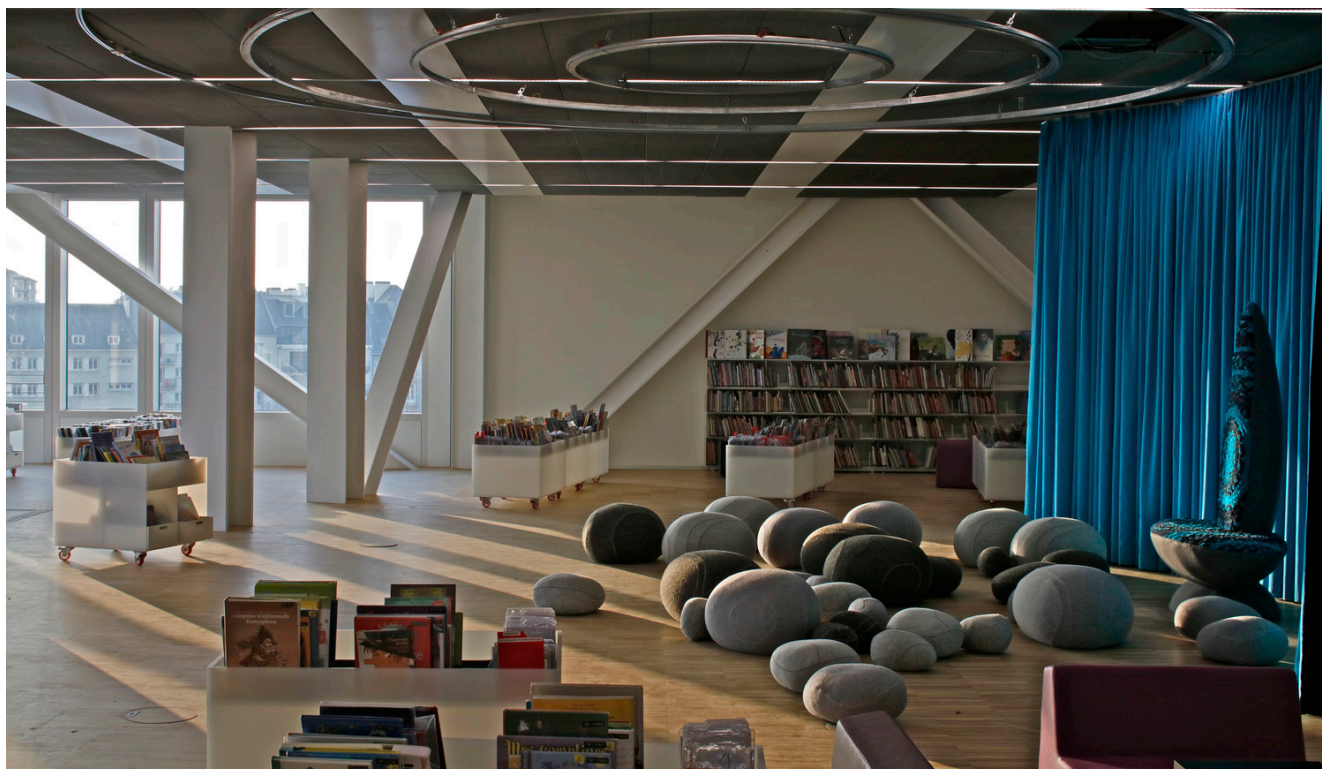
1.3.5. L'ARREDO

I principi che guidano l'arredamento all'interno degli spazi bibliotecari sono cambiati molto nel corso degli anni, soprattutto a causa dei nuovi studi e dei nuovi concetti applicati alla progettazione e alla vivibilità di questi spazi. Storicamente, la biblioteca intesa come luogo di conservazione e consultazione di volumi prevedeva un impianto rigido, caratterizzato da numerosi scaffali fissi per contenere più volumi possibili e sedute di un'unica tipologia, seppur per diverse esigenze.

Arrivando ai giorni nostri, grazie anche alla digitalizzazione del patrimonio cartaceo e alla crisi derivante dall'aumento esponenziale dell'uso della tecnologia, gli architetti e gli studiosi si sono interrogati sull'attrattività delle biblioteche, cercando un modo per coinvolgere buona parte della popolazione. Per questo, gli spazi e le funzioni richieste sono tra le più disparate ed è fondamentale che l'edificio sia flessibile e adattabile, in modo da poter rispondere al meglio alle sempre mutevoli esigenze dell'utenza. Un aspetto fondamentale per permettere questo è sicuramente l'arredo: scaffali aperti su ruote e di varie altezze, diverse tipologie di sedute, dimensioni variabili dei tavoli e spazi open space giocano un ruolo fondamentale nell'adattabilità alle varie

³² Ivi, pp. 89-91

³³ Valenza, L. (2020). La biblioteca del benessere, *Biblioteche oggi Trends*, 6(2), pp. 50-51



esigenze. Oltre a questo, è necessario porre attenzione sulla percezione che gli utenti hanno dello spazio e come questi si muovono al suo interno.

La disposizione, il disegno degli oggetti mobili e fissi che costituiscono l'arredo e il concetto cromatico dell'ambiente, hanno un forte impatto nell'immagine generale della biblioteca.³⁴

Per esempio, Antonella Agnoli riporta nel libro "Le piazze del sapere, biblioteche e libertà" l'impatto che il bancone all'ingresso ha sul cittadino che, per la prima volta, approccia lo spazio e, soprattutto, le diverse possibili configurazioni che possono assumere³⁵. Per la realizzazione del bancone per la biblioteca di Malmö, sono state vagliate diverse soluzioni fino a giungere ad un compromesso in cui il fruitore non si sentisse sorvegliato e controllato e potesse esplorare senza pressioni lo spazio. Furono quindi scartate la possibilità di porre il bancone davanti alla porta di ingresso, al centro della stanza e lontano dalla porta di ingresso: tutte queste alternative comportano un senso di sorveglianza che intimorisce il cittadino nell'accesso e nell'esplorazione della sala. La soluzione migliore è risultata quella di porre il bancone lateralmente rispetto all'ingresso, in modo da dare la possibilità di superarlo senza necessariamente fermarsi, mandando un messaggio di autonomia all'utente che può decidere se chiedere informazioni al personale o accedere direttamente alle diverse sale. Nel caso della biblioteca di Malmö si è optato per un desk con due terminali sullo stesso lato e posto su un tavolino vicino alle collezioni, anche a causa dell'inserimento di numerose postazioni self-service per il prestito.

Un altro studio sull'arredo è stato svolto nella biblioteca Gabriel García Márquez di Barcellona, nella quale gli scaffali sono stati progettati con un'altezza tale da consentire di guardare fuori, per non far sentire l'utente in una foresta di libri ma immerso nel parco che circonda l'edificio. Questa decisione è stata criticata poiché riduce ampiamente la capienza della biblioteca, che risulta avere pochi volumi rispetto ad una classica biblioteca pubblica; ciò, però, mette in risalto il nuovo ruolo che questa tipologia architettonica ha acquisito nel tempo, ossia un luogo di aggregazione e socialità e non più solo un luogo

LO STUDIO DEL BANCONE

LO STUDIO DELLA SCAFFALATURA

Fig. 1.10. Spazio interno dell'area bambini della Bibliothèque Alexis de Tocqueville a Caen. Si possono notare gli scaffali su ruote e gli arredi flessibili per adattarsi a tutte le esigenze © Philippe Ruault

34 Broletti, A. (2015). L'allestimento dello spazio della biblioteca. *Biblioteche oggi*, 33(3), p. 13

35 Agnoli (2009), pp. 112-116

di studio e consultazione.³⁶

Anche la segnaletica all'interno dello spazio bibliotecario deve essere studiata: è fondamentale, infatti, che non risulti ridonante e che sia semplice e intuitiva, non sovraccaricando di informazioni l'utente.³⁷ Come già descritto precedentemente e come avvenuto, per esempio, nel caso degli Idea Store di Londra, è necessario studiare la segnaletica e l'identità visiva della biblioteca come se si trattasse di un supermercato o di *franchise*, in modo da rendere riconoscibile l'istituzione anche nelle comunicazioni alla cittadinanza.

1.3.6. LA BIBLIOTECA E LA SOSTENIBILITÀ

Il tema della sostenibilità viene affrontato in tutti i campi e, nel corso degli anni, ha assunto importanza anche nel settore edilizio; è perciò importante che un edificio che ha un forte potenziale come vetrina per nuovi modi di fare le cose, ossia la biblioteca pubblica, sia un modello anche in riferimento a questo tema. Il termine sostenibilità, in questo caso, viene inteso nel modo più ampio, sia in senso ecologico che economico. Il costo di costruzione dell'edificio deve essere adeguato al contesto ed alle finalità, valutando attentamente e programmando i costi di manutenzione e gestione dell'edificio³⁸. Da un punto di vista ecologico, le biblioteche possono agire sulla sostenibilità in tre differenti modi: utilizzando tecniche costruttive sostenibili, promuovendo la comprensione e l'alfabetizzazione alla sostenibilità, supportando la ricerca.³⁹

Le biblioteche sono attive nel compiere passi verso un modo di costruire sostenibile, in un'ottica di riduzione dell'uso di energia e acqua, sfruttando le caratteristiche architettoniche per ridurre al minimo l'utilizzo di impianti meccanici per il controllo termico. Integrare nell'edificio risorse energetiche rinnovabili, oltre che un obbligo di legge, deve essere un atteggiamento spontaneo da parte del progettista, il quale deve cercare di realizzare un edificio che sia il più possibile energeticamente autonomo.

Il ruolo di promotore di cultura e conoscenza, è sempre stato centrale nello scopo delle biblioteche pubbliche. Essendo istituzioni culturali, le biblioteche hanno l'obbligo giuridico e morale di contribuire all'educazione alla sostenibilità, assumendo un ruolo di guida. È fondamentale lavorare rivolgendosi ai giovani, in modo da costruire un'abitudine ad atteggiamenti sostenibili. Esistono vari esempi di come le biblioteche assumano questa funzione: in Brasile esistono le "sale verdi", dei punti informativi dedicati alle tematiche ambientali; in Russia, le biblioteche sono considerate il principale riferimento della comunità per l'informazione in questo ambito; a Singapore, la biblioteca per bambini *My Treehouse* unisce all'azione educativa un uso esemplare dei materiali per rendere attraente la sostenibilità agli occhi dei bambini.⁴⁰

Sostenere la ricerca è l'ultima modalità con cui le biblioteche contribuiscono alla sostenibilità, grazie al loro importante ruolo nelle università e nei centri di ricerca. La cooperazione tra questi enti ha garantito, grazie allo scambio di dati e ricerche, la produzione di moduli di educazione alla sostenibilità. Per esempio, la biblioteca di Göteborg ha sviluppato strumenti flessibili per l'*Information literacy* sulla sostenibilità ed un corso da offrire agli studenti.⁴¹

La necessità di promuovere la sostenibilità in tutte le sue forme è sempre più forte, quindi il contributo che esse possono dare al tema sarà sempre più apprezzato e stimolato.

³⁶ Muscogiuri (2023), p. 10

³⁷ Agnoli (2009), p. 105

³⁸ Muscogiuri (2009), p. 59

³⁹ IFLA (2018). *Esempi, educatrici, facilitatrici: biblioteche e sostenibilità. Come le biblioteche contribuiscono alla sostenibilità*, p. 1

⁴⁰ Ivi, p. 3

⁴¹ Ivi, p. 5

1.4. CENNI DI BIBLIOTECONOMIA

1.4.1. INTRODUZIONE ALLA BIBLIOTECONOMIA

La biblioteconomia viene definita come la disciplina che studia i criteri e le prassi alla base dell'ordinamento e della selezione delle risorse documentarie, di qualunque natura esse siano, al fine di limitare i tempi necessari al loro reperimento e di rendere maggiormente efficace il loro accesso⁴². La dinamica della biblioteca dipende da tre fattori le cui reciproche interrelazioni costituiscono l'oggetto di studio della biblioteconomia:⁴³

- Materiali: sono gli oggetti fisici, tutte le risorse documentarie;
- Attività: sono l'insieme di azioni volte a raccogliere, gestire, ordinare, acquisire, catalogare, tutelare e valutare le risorse;
- Funzioni: requisiti per soddisfare i bisogni attuali e futuri dell'utente.

Il programma biblioteconomico è quindi uno strumento fondamentale per la progettazione di un polo bibliotecario, poiché permette di individuare gli obiettivi da raggiungere e le strategie da attuare, con il fine di evitare che la biblioteca si riveli, in un secondo momento, inefficiente o inadeguata a soddisfare le esigenze e le richieste della comunità. Il programma serve a definire il modello biblioteconomico, i servizi erogati, l'utenza, la funzionalità degli spazi, le aree funzionali e i loro contenuti⁴⁴, il tutto considerando il contesto all'interno del quale è inserito l'edificio.

1.4.2. LE CINQUE LEGGI DI RANGANATHAN

Nel 1928, Shiyali Ramamrita Ranganathan, bibliotecario e matematico indiano considerato il padre fondatore della biblioteconomia, ha elaborato i cinque principi fondamentali di questa disciplina. Le cinque leggi⁴⁵ enunciano i principi relativi ai tre elementi di base della biblioteca: i libri, i lettori e il personale. L'ultima legge considera questi tre elementi come un organismo vivente e unitario, al contrario delle prime quattro, le quali li analizzano singolarmente.

1. *Books are for use* (I libri esistono per essere utilizzati). I libri devono essere utilizzati e non solo conservati. Le biblioteche esistono per favorire la diffusione della conoscenza e la circolazione dei libri; il loro valore si misura dall'uso attivo delle sue risorse e non dalla quantità di libri posseduti.
2. *Every reader his book* (A ogni lettore il suo libro). Ogni genere di lettore ha il diritto di essere rappresentato e di trovare il libro che cerca all'interno della biblioteca pubblica. Questo principio può avere un'altra interpretazione: il lettore deve poter individuare facilmente il libro desiderato; per questo motivo, la catalogazione ed il servizio di reference devono essere centrati sull'utente e finalizzati a semplificare la ricerca del materiale.
3. *Every book his reader* (Ad ogni libro il suo lettore). Ogni libro deve poter essere facilmente trovato dal lettore grazie a modalità di catalogazione e collocazione tali da semplificarne l'identificazione; è inoltre necessario che i bibliotecari siano in grado di promuovere anche i libri meno richiesti per portare i libri ai loro potenziali lettori.
4. *Save the time of the reader* (Risparmia il tempo del lettore) e *Save the time of the staff* (Risparmia il tempo del personale, corollario). I servizi bibliotecari

42 Guerrini, M., Crupi, G. (2008). *Biblioteconomia: Guida classificata*. Milano: Editrice Bibliografica, pp. 147-148

43 *Ibidem*

44 Muscogiuri (2004), p. 80

45 Le leggi sono tratte da: Montecchi, G., Venuda, F. (2006). *Manuale di biblioteconomia*. Milano: Editrice Bibliografica, pp. 273-274

devono facilitare le ricerche del lettore in modo da fargli risparmiare tempo; allo stesso modo, il personale deve essere in grado di soddisfare rapidamente ed esaurientemente le esigenze di conoscenza degli utenti.

5. *A library is a growing organism* (La biblioteca è un organismo in crescita). La biblioteca è un insieme unitario e vivente che si deve adattare ai cambiamenti che uno dei tre elementi fondamentali (libri, lettori e personale) può subire. Per questo motivo, è necessario che sia un organismo flessibile e in grado di innovarsi. Questo principio garantisce unitarietà ai quattro precedenti.

1.4.3. I MODELLI BIBLIOTECOMICI

La progettazione di un polo bibliotecario nasce dalla determinazione degli obiettivi e delle caratteristiche bibliografiche e di servizio, definite a partire dalla fisionomia bibliotecaria⁴⁶. Per definire la fisionomia bibliotecaria si fa riferimento a modelli biblioteconomici già consolidati, tra cui il modello anglosassone della *public library*, il modello francese della *médiathèque* ed il modello tedesco della *dreigeteilte bibliothek*.

PUBLIC LIBRARY

La *public library* è caratterizzata dal libero accesso a tutti, da scaffali aperti, gratuità, familiarità e amichevolezza dell'edificio e dei servizi offerti, un servizio di reference che fornisce qualsiasi tipo di informazione utile alla comunità. Questo modello ha dato origine, negli anni successivi, ai modelli scandinavi e olandesi.

MÉDIATHÈQUE

La *médiathèque* è caratterizzata dalla forte integrazione tra documenti cartacei e digitali, dalla particolare attenzione agli strumenti audiovisivi e dal forte interesse alla contemporaneità.

DREIGETEILTE BIBLIOTHEK

La *dreigeteilte bibliothek*⁴⁷, ossia "biblioteca tripartita" o "biblioteca a tre livelli", è caratterizzata da un'innovativa articolazione fisica e organizzativa dei servizi e dell'edificio. Essa si basa, come dice il nome, su tre livelli di progressivo approfondimento che corrispondono ad altrettanti settori (il settore di ingresso, il settore centrale a scaffale aperto e il settore a deposito chiuso)⁴⁸. Un'efficace biblioteca pubblica dovrebbe nascere dall'ibridazione di questi modelli, selezionando le caratteristiche adeguate agli obiettivi specifici. In particolare, il modello a tre livelli risulta essere il più adeguato ad essere plasmato secondo le necessità.

Nel modello tedesco, ai due tradizionali settori della lettura/consultazione a scaffale aperto e del deposito chiuso/laboratori/uffici viene aggiunto il settore di ingresso. Il settore di ingresso, detto anche "primo livello" e "ambito vicino", è organizzato come un supermercato e focalizzato sulla lettura ricreativa e sull'attualità; questo livello risponde a bisogni informativi più generici, implica semplicità degli strumenti offerti e accessibilità, offrendo reference di orientamento e di pronta risposta per attrarre l'utente occasionale. Spesso, è caratterizzato da soluzioni spaziali e architettoniche di rilievo, con ambienti a tutt'altezza sui quali affacciano gli altri spazi della biblioteca. Il settore centrale a scaffale aperto, detto anche "secondo livello" e "ambito intermedio", risponde ad esigenze informative più definite e già orientate ad esigenze di studio, lettura e consultazione. Il progetto architettonico deve garantire la massima flessibilità per consentire una modifica degli spazi nel tempo, in base alle necessità degli utenti; gli spazi devono essere aperti e divisi solo dagli arredi per garantire continuità e circolarità dello spazio, ma devono anche essere presenti ambienti appartati per permettere all'utente di scegliere la postazione più adeguata per le attività che deve svolgere.

46 Muscogiuri (2009), pp. 57-58

47 Il prototipo della *Dreigeteilte Bibliothek* nasce nei primi anni Settanta dall'allora direttore della biblioteca civica di Münster, Heinz Emunds, per poi diffondersi rapidamente nell'ex Repubblica Federale Tedesca a partire da Gütersloh

48 Muscogiuri (2009), p. 59

Il settore a deposito chiuso, detto anche “terzo livello” e “ambito lontano”, è destinato a ricerche puntuali e specializzate. In una biblioteca pubblica di piccole e medie dimensioni, il settore a scaffale chiuso dovrebbe essere ridotto poiché bisogna applicare un’adeguata politica di scarti; tuttavia, può essere utile avere un magazzino non accessibile agli utenti per conservare per un certo periodo i documenti prima di scartarli o spostarli in altre sedi. Nelle biblioteche di grandi dimensioni, invece, il settore a scaffale chiuso è necessario per contenere i documenti richiesti con minore frequenza ma ancora circolanti; in questo caso, si tratta di “magazzini dipartimentali” che vengono realizzati in modo da agevolare la connessione con il settore a scaffali aperti, garantendo nel tempo la possibilità di trasformare lo scaffale chiuso in scaffale aperto e viceversa.⁴⁹

In questo modello, l’utente medio è posto al centro: la prossimità o la lontananza dai vari ambiti è misurata proprio a partire dall’utente poiché tutto è organizzato per soddisfare le sue esigenze. Questa organizzazione comporta un’auto-selezione dell’utenza, che accede ai servizi bibliotecari tanto più in profondità quanto più perfezionato è il suo bisogno informativo.⁵⁰

Un altro aspetto innovativo di questo modello è la modalità di classificazione dei documenti. Alle classiche catalogazioni per autore e per soggetto si affianca la modalità del “terzo interesse”, ossia la classificazione per aree di interesse. La critica mossa a questo modello è l’eccessiva frammentazione dei servizi, che potrebbe portare a creare dei compartimenti stagni. Per evitare ciò, è necessario che, attraverso la progettazione dell’edificio e dei servizi, vi siano continui rimandi tra i settori in modo da stimolare la curiosità dell’utente.⁵¹

49 *Ivi*, pp. 60-77

50 *Ivi*, p. 60

51 *Ibidem*



2. CASI STUDIO

2.1. IDEA STORE WHITECHAPEL

Gli Idea Store sono un innovativo modello di biblioteca pubblica nato nei primi anni 2000 nel Comune di Tower Hamlets, nell'East-End di Londra, con l'obiettivo di ripensare al ruolo tradizionale delle biblioteche ed attrarre un pubblico più ampio rispetto ai classici fruitori.

Il progetto nasce come catalizzatore di una rinascita sociale del contesto, caratterizzato da condizioni sociali e culturali di disagio dovute alla scarsa integrazione etnica degli abitanti.

Sergio Dogliani è il direttore e ideatore degli Idea Store, che nel 2002 ha aperto il primo dei cinque attualmente operativi; l'Idea Store di Bow è situato in un edificio preesistente e rifunzionalizzato, invece, gli altri quattro (Canary Wharf, Crisp Street, Watney Market e Whitechapel) sono realizzati in edifici di nuova costruzione che hanno un'identità architettonica ben definita e, quindi, ben riconoscibile.

Gli Idea Store nascono dal dialogo con la popolazione del quartiere e rappresentano il centro principale di informazione per il comune poiché le necessità che sono state messe in risalto erano l'esigenza di aggiornamenti formativi e professionali, di un luogo gratuito con accesso libero e che avesse degli orari di apertura lunghi. A queste richieste, sono state accostate altre funzioni che rendono più ampio il concetto di servizio culturale: una caffetteria, una galleria d'arte, spazi per concerti e performance teatrali, incontri con autori e molto altro.

L'obiettivo di questi luoghi è di essere uno spazio di accoglienza, perciò sono state attivate una serie di strategie e politiche di aggregazione che rimuovono le barriere per far sentire chiunque a proprio agio.

Dogliani afferma "Abbiamo creato una nostra *Health Strategy* nella quale spieghiamo alle persone come possiamo aiutarle a stare bene sia dal punto

Localizzazione: Londra, Inghilterra

Progettista: David Adjaye

Anno: 2005

Dimensione: 4.500 mq

Numero di piani: 5

Orari di apertura: 09:00 - 21:00

Fig. 2.1. Vista dell'ingresso © Adjaye Associates

Fig. 2.2. Vista esterna © Adjaye Associates





Fig. 2.3. Vista interna della sala lettura © Terri Meyer Boake

Fig. 2.4. Vista interna dell'atrio di ingresso dell'Idea Store Chrisp Street © Terri Meyer Boake

di vista fisico che della salute mentale” secondo un approccio che tiene conto anche degli studi, sempre più diffusi, che pongono in relazione cultura e benessere.

Gli Idea Store sono identificabili come primi esempi della concezione di “luogo terzo”, di una “casa fuori casa”⁵²; in questo ambiente, le persone provano un forte senso di appartenenza e riescono ad avere interazioni ampie e creative, che favoriscono il rafforzamento del senso di comunità.

Negli Idea Store si sono evoluti i principi organizzativi dello spazio delle biblioteche e si è adottato un approccio che lascia molta libertà agli utenti. Non ci sono regole o delimitazioni, sono gli utenti che le definiscono e si autoregolano.

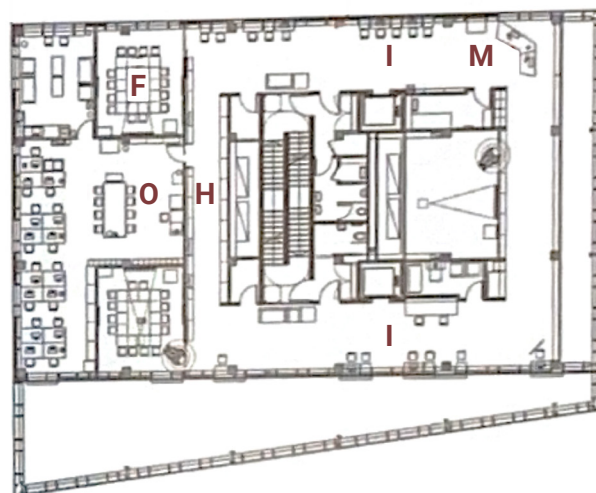
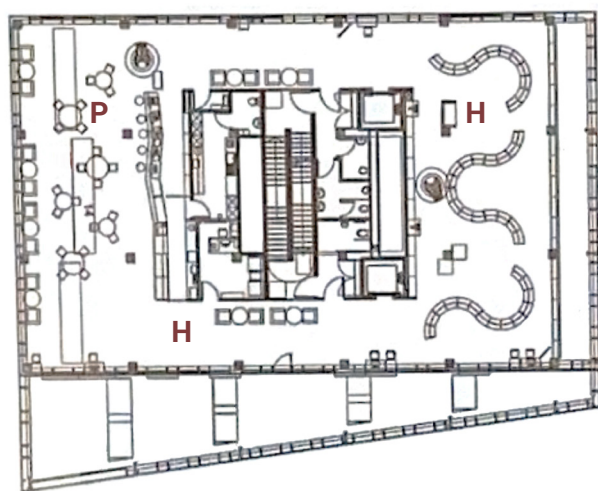
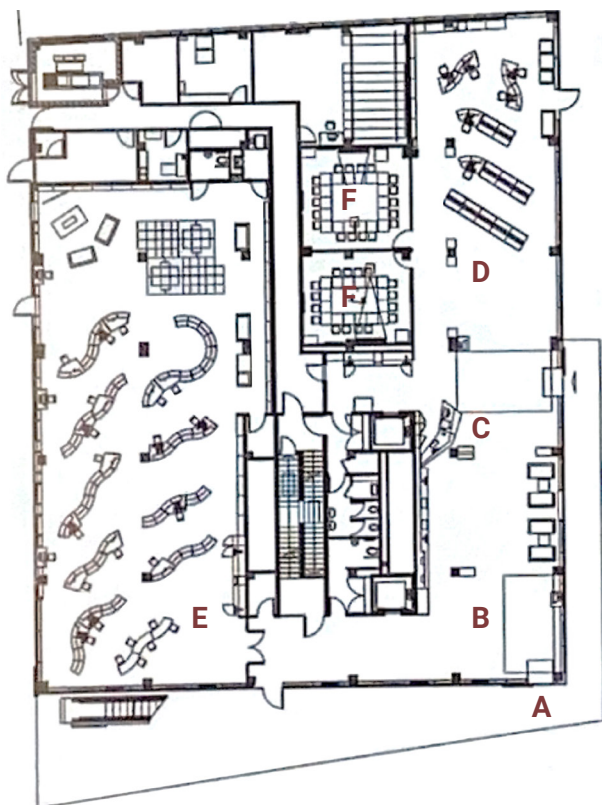
L'innovazione è evidente anche nella volontà di trarre ispirazione dal mondo commerciale. Gli edifici sono progettati con grandi spazi aperti, sono luminosi ed accoglienti, situati vicino a zone di passaggio e con un'alta visibilità; l'organizzazione interna rimanda alla disposizione tipica dei negozi ed è presente un'ampia segnaletica per facilitare l'orientamento; gli orari estesi si adattano ai ritmi di vita degli utilizzatori, i quali vengono attirati in questi luoghi anche grazie a strategie di marketing assimilabili a quelle delle pubblicità di prodotti commerciali. Infine, gli Idea Store sono ormai diventati come un brand, altamente riconoscibili come luoghi di innovazione e socialità.

Sono quindi evidenti i principali punti di forza della strategia che anima gli Idea Store: l'ascolto, senza giudizi e pregiudizi, delle necessità dei cittadini, la capacità di cogliere e di adattarsi alle tendenze in atto nei comportamenti del pubblico, l'umiltà di imitare – senza veti ideologici – soluzioni di successo più gradite agli utenti.⁵³

⁵² Pitman, K., Saint John, J. (2017). La biblioteca come luogo terzo: con un contributo sugli Idea Store londinesi. *Biblioteche oggi*, 3(2) p. 46

⁵³ Galluzzi, A. (2011). Gli Idea Store dieci anni dopo. *Biblioteche oggi*, 29(8), p. 15





Distribuzione funzionale

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| A. Ingresso | M. Terrazza |
| B. Atrio | N. Entrata secondaria |
| C. Spazio accoglienza e informazioni | O. Uffici |
| D. Videoteca | P. Caffetteria/emeroteca |
| E. Area bambini | |
| F. Aula polifunzionale | |
| G. Internet point | |
| H. Sala lettura a scaffale aperto | |
| I. Posti studio | |
| J. Sala corsi di ballo | |
| K. Sala corsi di massaggio | |
| L. Asilo nido | |

Fig. 2.5. Pianta piano terra

Fig. 2.6. Pianta primo piano

Fig. 2.7. Pianta secondo piano

Fig. 2.8. Pianta terzo piano



2.2. BIBLIOTECA GABRIEL GARCIA MARQUEZ

La biblioteca pubblica Gabriel García Márquez, situata nel quartiere residenziale di Sant Martí a nord-est del centro di Barcellona, è stata premiata come migliore biblioteca del 2023 in occasione dell'88° Congresso IFLA poiché rappresenta l'applicazione concreta dei nuovi concetti che guidano la progettazione di un edificio destinato alla diffusione della cultura.

Il cambiamento subito dalle biblioteche negli ultimi 20 anni è stato approfondito da Elena Orte e Guillermo Sevillano; secondo gli architetti di SUMA⁵⁴, la biblioteca pubblica deve essere un vero e proprio condensatore sociale, un luogo che sia in grado di essere al contempo estensione della casa e della città, domestico e urbano, in grado di captare e amplificare quelle situazioni che favoriscono la diffusione, lo scambio e la produzione di conoscenza e di informazione, la formazione permanente accessibile a tutti, la socialità. Tutto ciò deve svilupparsi all'interno di un'architettura di alta qualità spaziale e tattile, ossia attenta anche alla dimensione corporea: odori, colori, rumori e grana delle superfici non sono elementi lasciati al caso ma vengono attentamente progettati poiché influenzano le sensazioni che quel luogo suscita alle persone che lo vivono.⁵⁵

L'edificio si sviluppa attorno ad un patio centrale di forma triangolare, sul quale affacciano i piani collegati da rampe di scale. L'edificio è suddiviso secondo aree funzionali ben distinte ma tra loro connesse fluidamente. Le zone sono distribuite progressivamente, da quelle pubbliche e rumorose a quelle riservate e silenziose.

L'accesso alla struttura avviene all'interno di un vasto atrio di ingresso, progettato come vera e propria piazza urbana, un'estensione dello spazio pubblico urbano che connette l'interno e l'esterno. Le due ali laterali adiacenti sono *"El bazar de Actualidad"*, un'area dedicata alle novità attrezzata con piccoli arredi che garantiscono flessibilità, e il *"Foro de Ideas"*, una sala polifunzionale per eventi, incontri e relax caratterizzata da tendaggi e arredi mobili.

54 Lo studio di architettura SUMA è stato fondato da Elena Orte e Guillermo Sevillano, ideatori della biblioteca Gabriel García Márquez

55 Muscogiuri, M. (2023). Una "Casa de lectura" per la comunità locale. *Biblioteche oggi*, 41(8), pp. 4-5

Localizzazione: Barcellona, Spagna

Progettista: SUMA Arquitectura

Anno: 2023

Dimensione: 4.300 mq

Numero di piani: 5

Orari di apertura: 09:30 - 20:30

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Fig. 2.9. Vista interna sul "Giardino di inverno" nel settore a scaffale aperto al terzo piano © Jesús Granada.

Fig. 2.10. Vista esterna da Carrera del Treball © Jesús Granada.





IL PROGETTO TECNOLOGICO

Fig. 2.11. Vista sulle zone studio e lettura © Jesús Granada

Fig. 2.12. Vista delle scale di ingresso che, tavolta, fungono da sedute per la popolazione © Jesús Granada

Fig. 2.13. Vista interna dell'area bambini © Jesús Granada

Al piano interrato sono presenti un ampio foyer, una sala polivalente, l'archivio storico e il deposito.

Il primo piano è destinato interamente ai bambini, ragazzi e giovani adulti, articolato con spazi informali che si susseguono in base alle fasce d'età. È stato progettato un *"Espacio sensorial"*, una sorta di palcoscenico dei sensi per rendere l'esperienza della narrazione orale un processo tattile e sonoro, per rendere la biblioteca maggiormente accessibile anche a persone con disturbi sensoriali.

All'ultimo piano è situata la *"Casa de lectura"*, uno spazio a scaffale aperto caratterizzato da una sequenza di ambienti arredati con sedute informali; in particolare, in questo piano è evidente la volontà degli architetti di rendere gli ambienti accoglienti, quasi come se la biblioteca fosse un'estensione del salotto della propria casa.

L'architettura è quindi stata progettata con l'obiettivo di realizzare un *"luogo terzo"* in cui i fruitori sviluppino un forte sentimento di appartenenza, che abbia una connessione con la natura che la circonda e con il contesto, divenendo un punto di riferimento per la comunità.

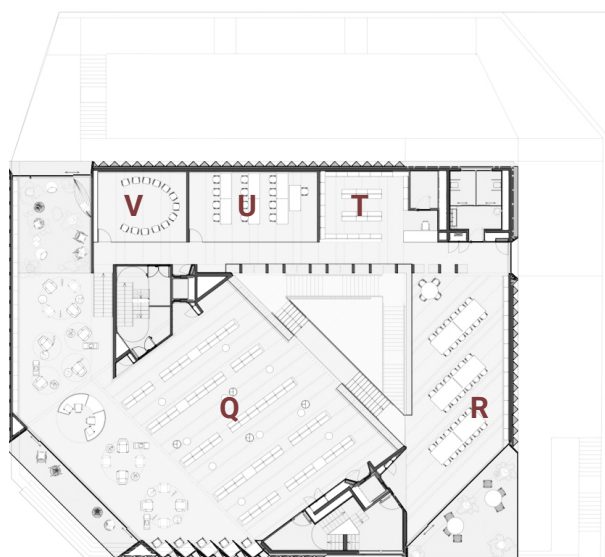
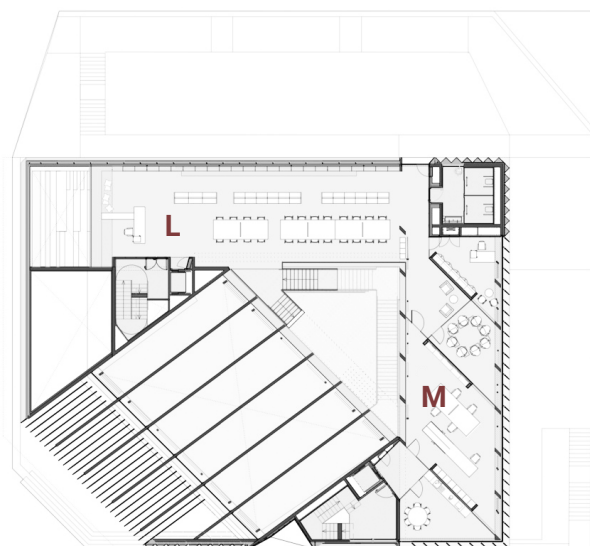
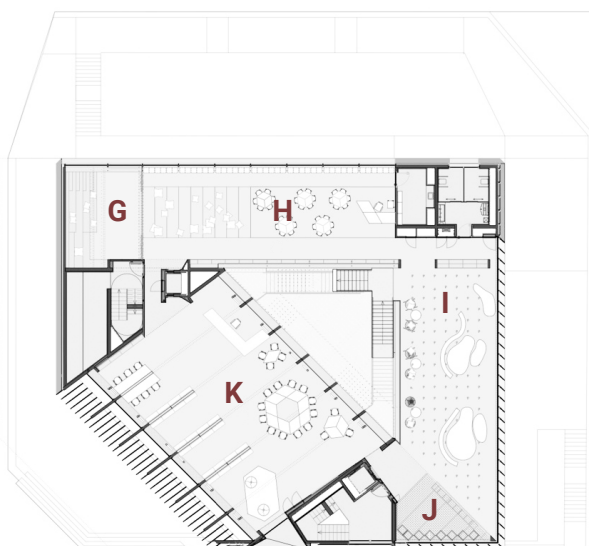
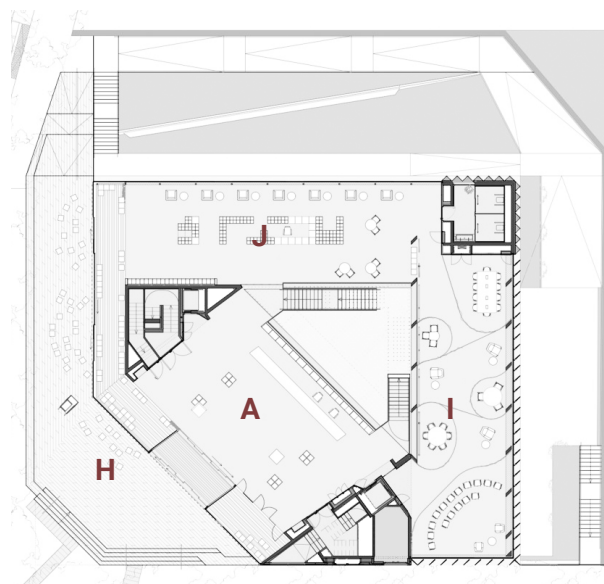
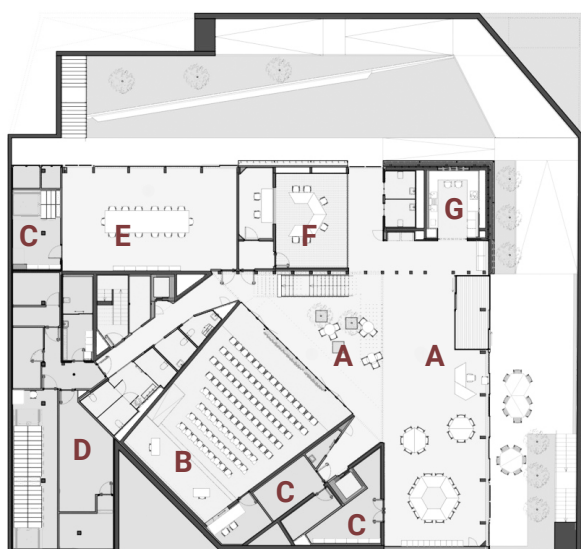
L'edificio ha una struttura mista con travi reticolari, pilastri in legno lamellare e pannelli in crosslam, la quale consente di coprire ampie campate lasciando i piani completamente liberi da pilastri, in modo da garantire la massima flessibilità degli spazi.

L'utilizzo del legno anche come finitura interna, concorre a migliorare il comfort ambientale degli spazi dal punto di vista acustico, tattile, termico e del microclima.

L'utilizzo di materiali naturali e di soluzioni architettoniche bioclimatiche attive e passive hanno fatto guadagnare la certificazione LEED Gold⁵⁶ alla nuova biblioteca spagnola.

⁵⁶ La LEED Gold è un programma di certificazione volontario che può essere applicato a qualsiasi tipo di edificio e concerne tutto il ciclo di vita dell'edificio stesso, dalla progettazione alla costruzione. Esso promuove un approccio orientato alla sostenibilità





Distribuzione funzionale

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| A. Atrio | N. Giardino d'inverno |
| B. Auditorium polifunzionale | O. Balcone |
| C. Magazzino e deposito | P. Zona lettura |
| D. Spazi di servizio per l'auditorium | Q. Sala di lettura a scaffale aperto |
| E. Archivio | R. Aule studio |
| F. Studio di registrazione | S. Terrazza |
| G. Stanza per la lettura ad alta voce | T. Knowledge space |
| H. Area giovani lettori | U. Spazio multimediale |
| I. Parco coperto | V. Classe |
| J. Edicola | |
| K. Area bambini | |
| L. Spazi per lo studio | |
| M. Amministrazione | |

Fig. 2.14. Pianta piano interrato
 Fig. 2.15. Pianta piano terra rialzato
 Fig. 2.16. Pianta primo piano
 Fig. 2.17. Pianta secondo piano
 Fig. 2.18. Pianta terzo piano



RAMPEN

2.3. DOKK1

Dokk1 è la più grande biblioteca della Scandinavia e rappresenta il fulcro della riqualificazione dell'area portuale dismessa della città di Aarhus, contribuendo a ridisegnare il lungomare e a collegarlo con il centro storico cittadino⁵⁷. Per fare questo, è stata studiata anche la mobilità necessaria per raggiungere il sito di progetto: è stato reindirizzato il traffico veicolare in modo che l'unico accesso disponibile fosse quello al parcheggio sotterraneo da circa 500 posti auto, rendendo così possibile la creazione di una nuova fermata della metropolitana dedicata alla biblioteca. Inoltre, sono state implementate le piste ciclabili nell'intorno ed è stato creato un parcheggio apposito per le biciclette.⁵⁸

L'idea principale che ha spinto gli architetti nella progettazione è stata quella di creare uno spazio urbano, coperto e trasparente: un nuovo hub della cultura e delle esperienze con una vista sul porto, sulla foresta e sulla città di Aarhus.⁵⁹

L'edificio è caratterizzato da un volume superiore eptagonale irregolare, rivestito in metallo, che ospita uffici e spazi polifunzionali in affitto. Questo elemento sembra essere sospeso su una base vetrata che accoglie le varie sezioni della biblioteca, organizzate in un ambiente dinamico su più livelli open-space. Per raggiungere questo piano sono state pensate delle imponenti scale monumentali che fungono sia da accesso agli spazi interni che da luogo di ritrovo per attività sociali e culturali.

In questo esempio si può notare come la biblioteca non è più intesa come uno spazio legato esclusivamente alla conservazione e alla consultazione dei cataloghi, ma come un condensatore di funzioni culturali e sociali.

Nella Dokk1, gli spazi si susseguono in modo armonioso, offrendo aree dedicate alla lettura e al relax, scaffali bassi per libri e altri media, e zone per lo studio sia individuale che di gruppo. Ci sono piccole aule e due ampie sale polifunzionali, una delle quali può essere aperta verso la caffetteria. Una lunga rampa in cemento liscio (*Media ramp*) collega i due livelli principali, fungendo anche da spazio per la lettura e la socializzazione, con una capacità di oltre 200 persone

Localizzazione: Aarhus, Danimarca

Progettista: Schmidt Hammer Lassen Architects

Anno: 2015

Dimensione: 35.600 mq

Numero di piani: 4

Orari di apertura: 08:00 - 22:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Fig. 2.19. Vista interna in cui si notano i layout aperti degli spazi © Adam Mørk

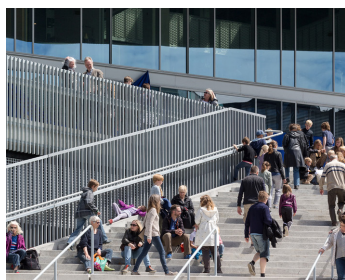
Fig. 2.20. Vista esterna della biblioteca © Adam Mørk



57 Divisare. (2015, 23 giugno). *Schmidt Hammer Lassen Architects Dokk1*

58 Archdaily. (2015, 23 giugno). *Dokk1 / Schmidt Hammer Lassen Architects*

59 *Ibidem*



per conferenze o spettacoli. La rampa definisce cinque differenti piattaforme, ognuna dedicata ad una attività differente: mostre, giochi, workshop interattivi, lettura ed eventi. In combinazione con le sezioni letterarie e mediatiche, la rampa dei media offre un percorso di attività tortuoso attraverso l'edificio che porta all'area dei bambini all'ultimo piano.⁶⁰

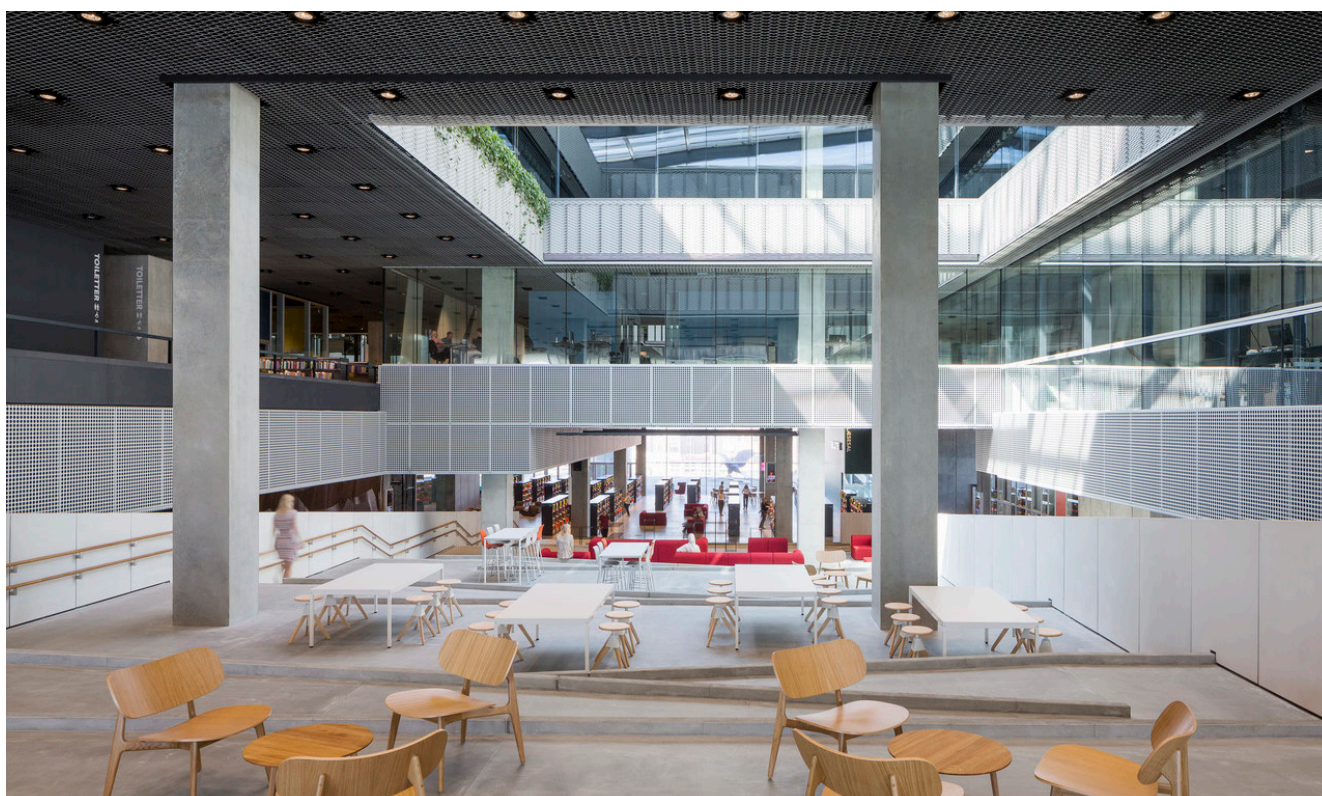
Al piano superiore, una rampa in legno è riservata a performance ed eventi. L'area famiglie, bambini e ragazzi offre laboratori, spazi di gioco sia analogici che digitali e una sala polifunzionale insonorizzata per attività manuali e di movimento. In tutto l'edificio si trovano isole con proposte di lettura, schermi informativi e laboratori creativi, tra cui il *maker space* con stampanti 3D, il *repair café* e l'*hacker space*. Anche se i vari utenti possono interagire, la disposizione degli spazi è studiata per minimizzare le interferenze tra le diverse attività.

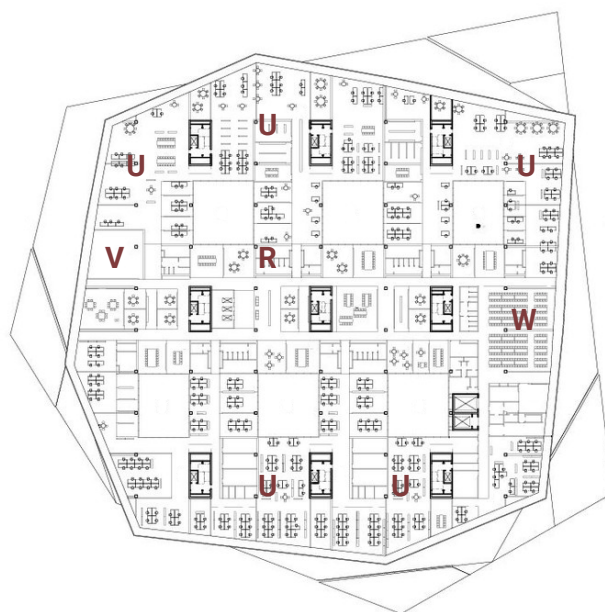
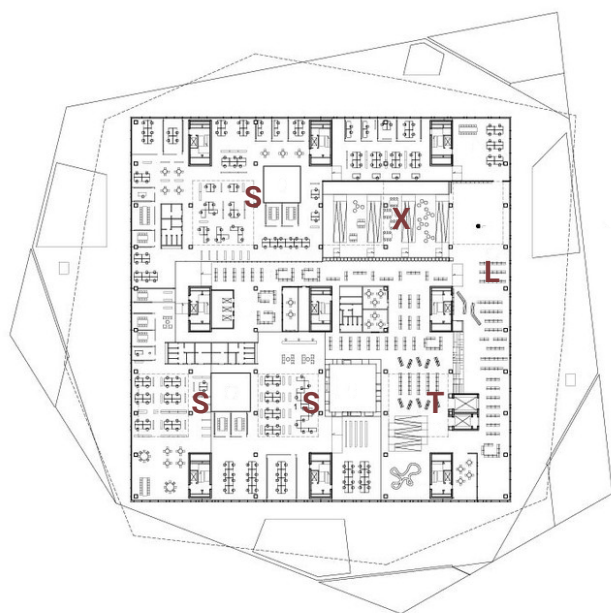
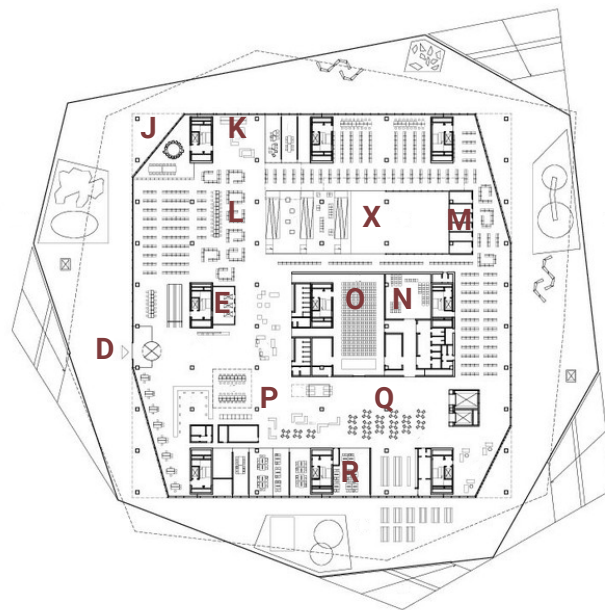
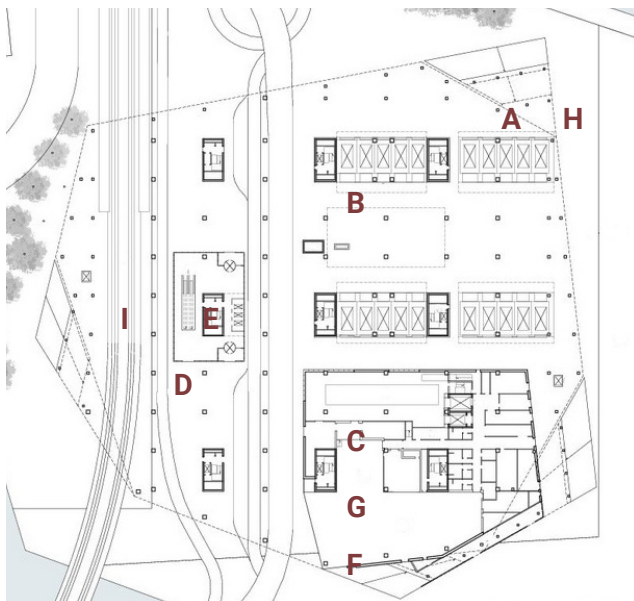
I MATERIALI

Il rivestimento superiore è realizzato in lamiera stirata di alluminio naturale, che conferisce uniformità alla struttura e riflette la luce del cielo e dell'acqua del porto, cambiando con le stagioni. La facciata vetrata sottostante assicura trasparenza e apertura verso la città, facilitando l'orientamento all'interno. I materiali utilizzati sono pochi ma distintivi: il calcestruzzo prevale sia nella struttura che nelle pavimentazioni, creando continuità tra gli spazi; la lamiera metallica, con proprietà fonoassorbenti, è utilizzata anche per pareti interne e controsoffitti; il legno caratterizza alcune aree specifiche, come le sale conferenze e l'area bambini.

Fig. 2.21. Vista della scala monumentale © Jesús Granada
Fig. 2.22. Vista interna della Media Ramp © Adam Mørk

60 *Ibidem*





Distribuzione funzionale

- A. Scala monumentale
- B. Ingresso parcheggio automatico sotterraneo
- C. Sistema automatico di smistamento dei libri
- D. Ingresso
- E. Ascensore panoramico
- F. Centro logistico
- G. Centro di consegna
- H. Molo
- I. Stazione metropolitana
- J. Sala lettura
- K. Spazi polifunzionali
- L. Mediateca

- M. Aule studio per singoli utenti
- N. Teatro per bambini
- O. Sala proiezioni
- P. Foyer, reception, bancone per il prestito e postazioni per il prestito self-service
- Q. Caffetteria
- R. Aule incontri e riunioni
- S. Uffici e amministrazione
- T. Area bambini e ragazzi
- U. Uffici e stanze affittabili
- V. Servizi per il cittadino
- W. Mensa, cucina e spazi per la socialità
- X. Media ramp

Fig. 2.23. Pianta piano terra

Fig. 2.24. Pianta primo piano

Fig. 2.25. Pianta secondo piano

Fig. 2.26. Pianta terzo piano



2.4. OODI HELSINKI CENTRAL LIBRARY

La biblioteca Oodi di Helsinki è situata di fronte ai gradini del palazzo parlamentare finlandese, conferendole un'elevata importanza sociale e politica e un simbolismo accentuato: risalta il rapporto tra governo e popolazione e ricorda il mandato del *Finnish Library Act* per le biblioteche, ossia l'impegno che esse hanno nel promuovere l'apprendimento permanente, la cittadinanza attiva, la democrazia e la libertà di espressione.

La progettazione è stata guidata dal concetto secondo cui la biblioteca è un luogo di arricchimento di idee e pensieri dove, condividendo conoscenze, competenze e storie, si crea una nuova società civile.⁶¹

La biblioteca è quindi stata progettata per offrire uno spazio aperto al pubblico, che fornisca informazioni e competenze per rendere la società più funzionale; si vuole offrire un'esperienza cittadina ricca, creata dai residenti stessi, una sorta di biblioteca per tutti i sensi, con programmi diversi per ogni giorno.

Dal progetto è evidente la volontà degli architetti finlandesi di sperimentare, dando vita ad un concetto di biblioteca innovativa, in grado di offrire nuovi servizi oltre al classico prestito dei libri.

Nella Oodi è quindi presente una grande sala lettura open space che viene affiancata da un bar, un ristorante, un cinema, un balcone pubblico e studi di registrazione.

La distribuzione delle funzioni avviene per livelli: il piano terra è un'estensione della piazza urbana antistante, rende visibili e accessibili tutte le strutture della biblioteca e fornisce uno spazio interno non commerciale aperto a tutti con un ristorante, una caffetteria, un punto informazioni automatizzato sulla città e uno sulla Comunità Europea, uno spazio giochi per bambini e una sala cinematografica; il piano intermedio, noto come *"Attic"*, è interamente dedicato ad attività laboratoriali ludico-ricreative e di apprendimento che vengono svolte all'interno di spazi modulabili e versatili; l'ultimo piano è destinato alla lettura, un grande open space chiamato *"Book Heaven"* con pareti vetrate e sormontato

Localizzazione: Helsinki, Finlandia

Progettista: ALA Architects

Anno: 2018

Dimensione: 17.100 mq

Numero di piani: 4

Orari di apertura: 08:00 - 21:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

61 Haavisto, T. (2020). *Helsinki City Library, a Cornucopia of Urban Culture and Learning*. Monograph, pp. 75-76

Fig. 2.27. Vista interna della zona bambini al secondo piano © Tuomas Uusheimo

Fig. 2.28. Vista esterna © Tuomas Uusheimo





SERVIZI E STRUTTURE

da un soffitto bianco ondulato con lucernari circolari.⁶²

Per migliorare l'esperienza degli utenti, sono stati applicati i principi del "service design" alla segnaletica, all'arredamento e alla disposizione dei materiali. Lo staff della biblioteca continua a coinvolgere volontari nella programmazione di nuovi concetti di servizi e modifiche alla configurazione attuale, in un'ottica di innovazione costante.

Oltre ad un'ampia selezione di libri, riviste, film e musica in oltre 20 lingue diverse, la Oodi offre anche un ampio range di workshop ed eventi per i fruitori di ogni età, luoghi per lo studio individuale e collettivo, servizi per famiglie e bambini, un auditorium per concerti, spettacoli e proiezioni cinematografiche.⁶³

Al piano intermedio sono presenti numerosi spazi attrezzati che si adattano ad un ampio ventaglio di attività: videomaking, fotografia, cucina, giochi di società e videogiochi, relax, cucito, ricamo e molto altro. Qui si possono costruire e riparare oggetti, oltre che dedicarsi al fai da te. L'idea di fondo è che la biblioteca possa e debba essere non solo il luogo del sapere, ma anche del saper fare.⁶⁴

Fig. 2.29. Vista esterna della terrazza panoramica sulla città con caffetteria © Tuomas Uusheimo

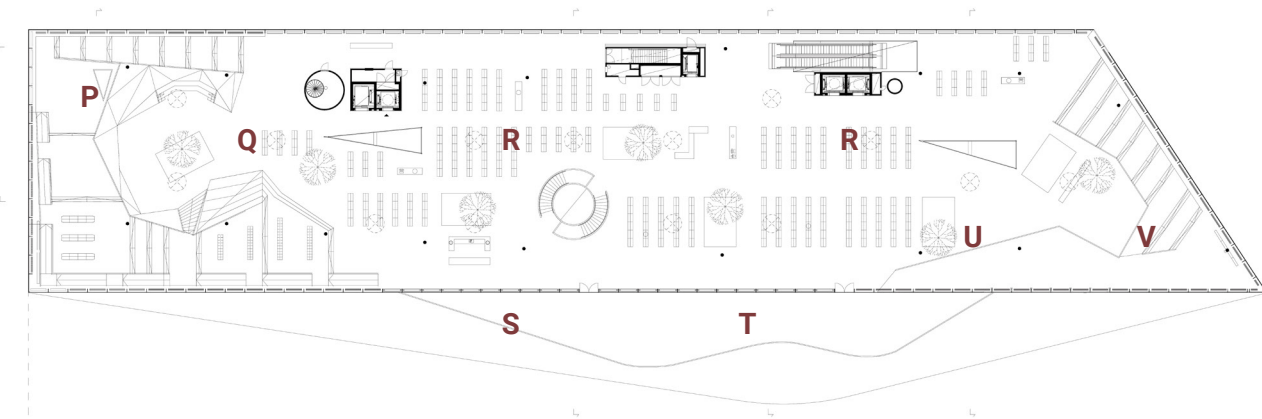
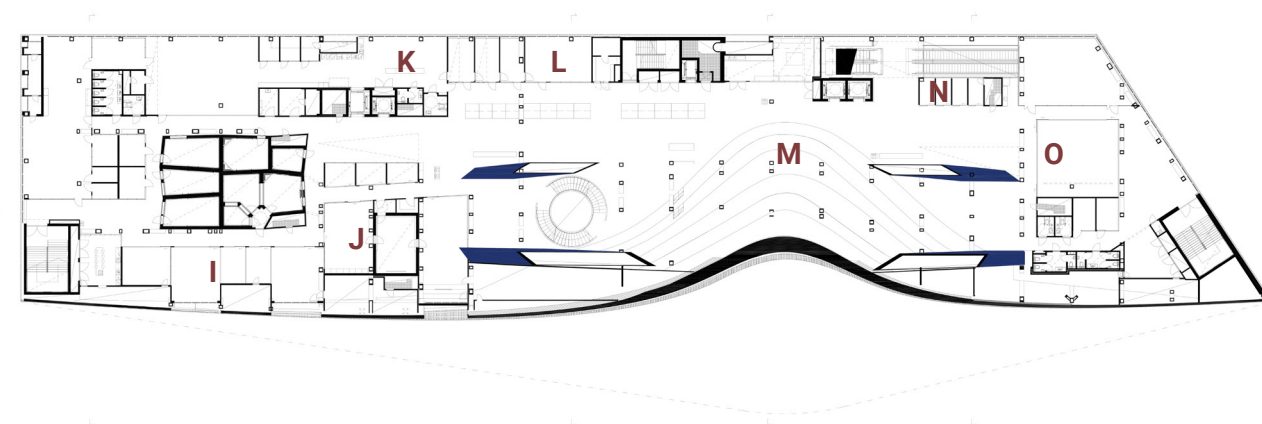
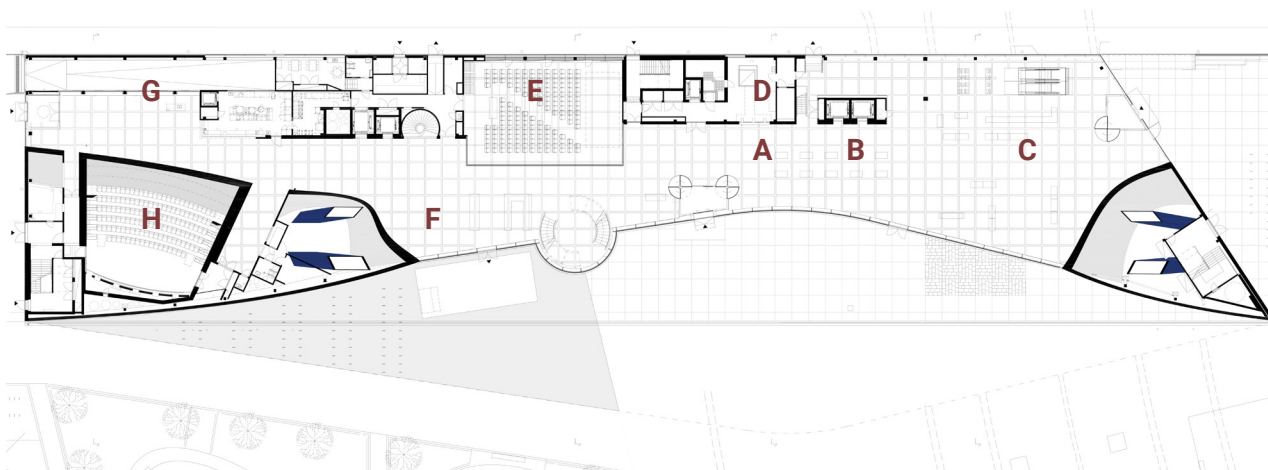
Fig. 2.30. Vista interna dell'atrio di ingresso con funzioni pubbliche aperte a tutti © Tuomas Uusheimo

62 *Archdaily* (2018, 14 dicembre). *Oodi Helsinki Central Library* / ALA Architects

63 Haavisto (2020), p. 77

64 Muscogiuri, M. (2021). *Bibliothèques. Espaces publics pour la ville. Le carré bleu*, 3, pp. 16-17





Distribuzione funzionale

- A. Atrio d'ingresso
- B. Piazza coperta
- C. Spazi espositivi
- D. Galleria
- E. Sala conferenze polifunzionale
- F. Zona ristorazione
- G. Biblioteca per le famiglie
- H. Auditorium e sala concerti
- I. Studi di registrazione
- J. Aule studio per gruppi
- K. Uffici

- L. Sale conferenze
- M. Spazio di ricreazione
- N. Aule studio per singoli
- O. Aule laboratori
- P. Collezione bambini
- Q. Area bambini
- R. Collezione a scaffale aperto
- S. Caffetteria
- T. Terrazza panoramica
- U. Oasi: spazio per lettura e studio con sedute informali
- V. Book steps

Fig. 2.31. Pianta piano terra
 Fig. 2.32. Pianta primo piano
 Fig. 2.33. Pianta secondo piano



2.5. MÉDIATHÈQUE PUZZLE

La mediateca Puzzle è situata a Thionville, nel nord-est della Francia, ed è stata inaugurata nel 2016.

Questo progetto rappresenta uno degli esempi più significativi di biblioteca contemporanea concepita come spazio culturale dinamico e multifunzionale: è stato ideato con l'intento di superare la concezione tradizionale di biblioteca per trasformarla in un "terzo luogo"⁶⁵: un ambiente di incontro sociale, culturale e creativo, configurandosi come un'area accogliente e adattabile dove riunirsi.

L'edificio si estende su una superficie di circa 4.500 mq ed è pensato come un'architettura che rompe la rigidità spaziale tipica delle costruzioni pubbliche, favorendo la continuità tra interno ed esterno.

Dal punto di vista volumetrico, la struttura si sviluppa come un nastro fluido di cemento bianco che si modella attorno allo spazio urbano. Grandi vetrate, superfici sinuose e spazi aperti creano una relazione immediata con l'ambiente urbano circostante, invitando cittadini di ogni età a entrare e rimanere; la facciata, con i suoi giochi sinuosi di pieni e vuoti, è un elemento caratterizzante dell'edificio, che si apre verso la vegetazione e crea un limite con la strada adiacente al lotto.⁶⁶ La luce naturale penetra nell'edificio grazie all'alternanza di aperture, mutando l'atmosfera degli ambienti nel corso della giornata.

La copertura verde e praticabile genera uno spazio all'aperto sfruttabile dagli utilizzatori, prolungando verso l'esterno l'open space interno e fornendo nuovi spazi di socializzazione. Questo spazio è concepito come una vera e propria estensione della città, ospitando un bar all'aperto e delle aree relax, offrendo una vista panoramica sul centro storico di Thionville.

La biblioteca non si configura solo come scaffali di libri, ma come un luogo eterogeneo, capace di accogliere funzioni varie: spazio di gioco, centro di apprendimento permanente, sala di proiezione, luogo di narrazione e laboratorio

Localizzazione: Thionville, Francia

Progettista: Dominique Coulon & associés

Anno: 2016

Dimensione: 4.590 mq

Numero di piani: 1

Orari di apertura: 10:00 - 18:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

⁶⁵ Ivi, pp. 15-16

⁶⁶ Archdaily (2017, 6 febbraio). *Media Library [Third-Place] in Thionville* / Dominique Coulon & associés

Fig. 2.34. Vista interna dell'area bambini © Eugeni Pons

Fig. 2.35. Vista esterna © Eugeni Pons

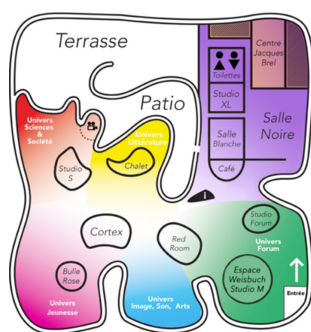




di idee. All'interno dell'edificio si articolano sezioni dedicate alla letteratura per tutte le fasce d'età, ambienti per l'ascolto musicale e la fruizione audiovisiva, aree dedicate al gioco analogico e digitale, nonché spazi per workshop, corsi e attività formative, che includono anche la sperimentazione delle tecnologie digitali e della produzione multimediale.

L'edificio si configura come un grande open space, organizzato in una sequenza di "universi" tematici, pensati per rispondere alle esigenze di un pubblico ampio e diversificato. Questo impianto spaziale si ispira alla logica di un puzzle, dove le diverse tessere funzionali si incastrano senza compartimentazioni rigide. Le funzioni che richiedono maggiore riservatezza o specifiche condizioni acustiche, come lo studio silenzioso, le attività di registrazione e le proiezioni, sono racchiuse in "bolle", ossia dei volumi autonomi. Questi elementi sono disposti nello spazio in base alla loro area di influenza e, in base alla funzione al loro interno, sono stati studiati appositi materiali e colori.

L'UTILIZZO DEL COLORE



L'uso strategico del colore all'interno di queste bolle (dal rosso vibrante al verde acido) crea forti contrasti con il cemento neutro e la resina dei pavimenti esterni, fungendo da vero e proprio sistema di orientamento visivo per l'utente.

L'accessibilità costituisce un principio fondante del progetto: lo spazio è stato concepito per accogliere tutti, rispondendo in modo attento e inclusivo alle esigenze legate a disabilità motorie, sensoriali, cognitive o psicologiche⁶⁷. I percorsi fluidi, privi di barriere architettoniche e l'assenza di corridoi tradizionali permettono una totale libertà di movimento e una fruizione intuitiva dell'intero complesso.

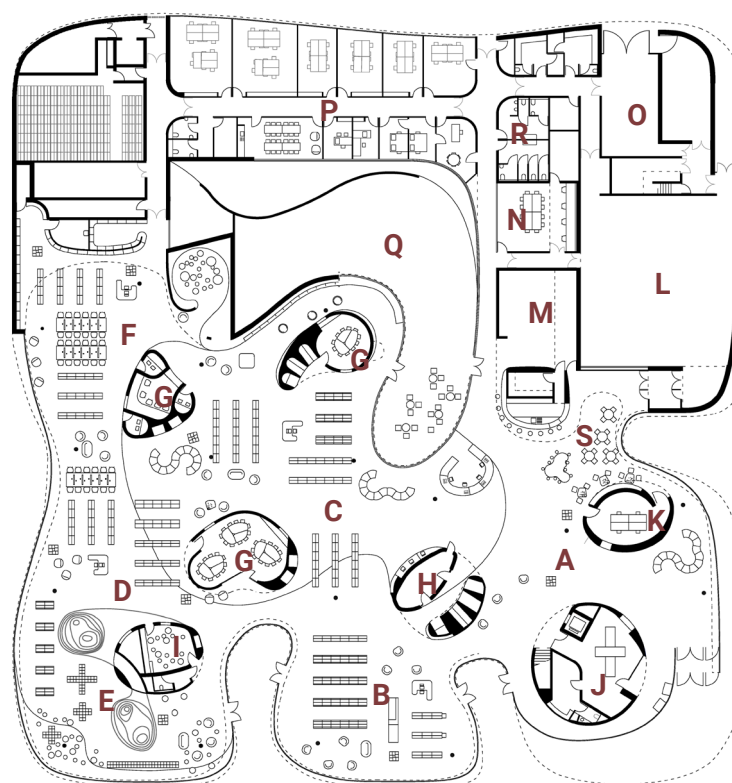
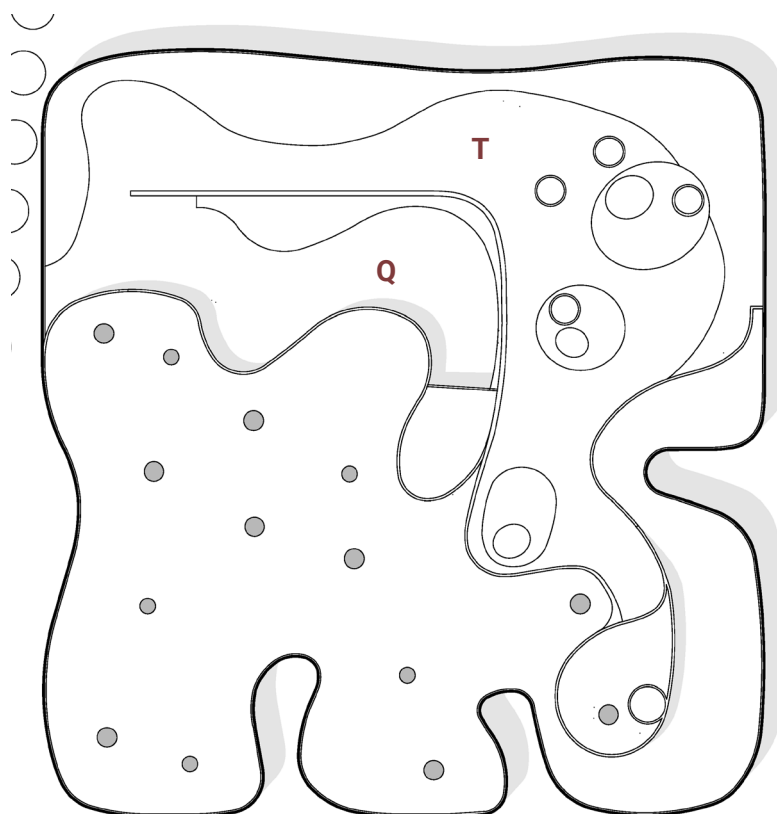
Fig. 2.36. Vista interna della zona lettura © Eugeni Pons

Fig. 2.37. Distribuzione funzionale

Fig. 2.38. Vista esterna del patio © Eugeni Pons

67 Mediatheque Mairie-Thionville (2016)





Distribuzione funzionale

- A. Universo 1 - Forum
- B. Universo 2 - Multimedia
- C. Universo 3 - Letteratura
- D. Universo 4 - Adolescenti
- E. Universo 5 - Bambini
- F. Universo 6 - Area documentazione
- G. Aula studio - multifunzionale

- H. Aula studio - videogames
- I. Aula studio - *storytelling*
- J. Aula riprese
- K. Studio Forum
- L. Spazio espositivo
- M. Spazio polifunzionale
- N. Studio *broadcasting*
- O. Area workshop

- P. Area amministrativa
- Q. Patio
- R. Servizi igienici
- S. Caffetteria
- T. Tetto giardino

Fig. 2.39. Pianta coperture
Fig. 2.40. Pianta piano terra



2.6. BIBLIOTHÈQUE ALEXIS DE TOCQUEVILLE

La Bibliothèque Alexis de Tocqueville è la nuova biblioteca per la regione metropolitana di Caen la Mer, in Normandia. Progettato dal 2010 al 2016, l'edificio si colloca sulla punta della penisola che si estende dal centro della cittadina di Caen fino al canale della Manica. Questa importante posizione, tra il centro storico e un nuovo quartiere residenziale in via di sviluppo, sostiene l'ambizione della biblioteca di diventare il nuovo centro civico della città, ergendosi come fulcro e collegamento tra le due zone. La struttura architettonica è definita da una contrapposizione tra massa e vuoto, con lo spazio principale della biblioteca che fornisce una vista senza ostacoli in tutte le direzioni.

La posizione strategica del lotto di progetto ha guidato la creazione del concept architettonico: un edificio a forma di croce in cui ogni braccio indica un punto di riferimento importante di Caen (i siti storici dell'*Abbaye-aux-Dames* a nord e all'*Abbae-ux-Hommes* a ovest, la stazione ferroviaria centrale a sud e l'area di nuova costruzione a est)⁶⁸. Allo stesso tempo, l'intersezione dei due assi crea quattro zone distinte, legate alla logica programmatica della biblioteca (scienze umane, scienza e tecnologia, letteratura e arte), che confluiscono nella grande sala lettura posta al primo piano. Questo spazio è scavato all'interno della croce, mettendo in risalto l'opposizione tra pieno e vuoto.⁶⁹

La continuità tra il centro storico ed il nuovo quartiere è garantita al piano terra da due ingressi che giungono in un'ampia piazza coperta open-space, a servizio di un auditorium da 150 posti a sedere, di uno spazio espositivo e di un punto ristoro con una terrazza affacciata direttamente sul canale.

Al primo piano sono presenti una grande varietà di spazi per lo studio, per il lavoro e per la lettura. Sugli scaffali, resi mobili dalla presenza di ruote per ottenere diverse configurazioni dello spazio, si alternano numerosi libri fisici e altrettante risorse digitali. Una delle caratteristiche peculiari di questa biblioteca, infatti, è l'estensione digitale delle collezioni fisiche tradizionali già

Localizzazione: Caen, Francia

Progettista: Barcode

Architects, OMA

Anno: 2017

Dimensione: 12.500 mq

Numero di piani: 4

Orari di apertura: 10:00 - 18:30

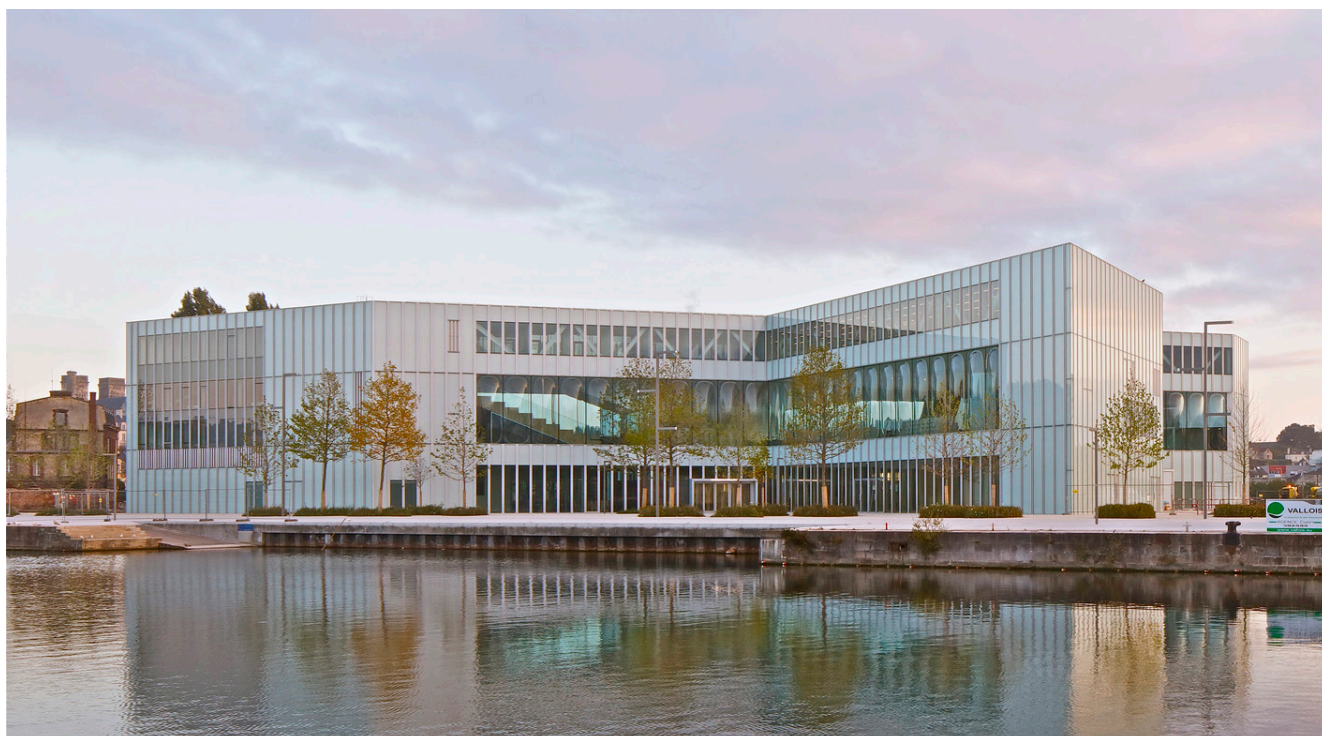
IL PROGETTO ARCHITETTONICO

68 Divisare. (2017, 7 marzo). OMA, Clement Blanchet Architecture, Barcode Architects Bibliothèque Alexis de Tocqueville

69 Ibidem

Fig. 2.41. Vista interna della scalinata con le sedute per lo studio e la socializzazione © Luc Boegly, Sergio Grazia

Fig. 2.42. Vista esterna © Philippe Ruault





LA FACCIATA

integrata all'interno delle scaffalature.⁷⁰ In questo spazio è presente anche una gradinata coperta con postazioni per la lettura e lo studio che, nel caso di organizzazione di eventi, può svolgere anche la funzione di spalti per il pubblico. L'ultimo piano della biblioteca è occupato da uno spazio per i bambini e da uffici per la gestione dell'edificio.

Il deposito, invece, in cui sono conservate le collezioni storiche, si trova al piano interrato: in questo spazio si è deciso di utilizzare una particolare e innovativa membrana impermeabile applicata all'interno della muratura controterra in cemento armato. Si è reso necessario optare per questa soluzione a causa della ridotta distanza tra l'impronta dell'edificio e l'acqua salata del canale della Manica.⁷¹

Dettaglio architettonico particolare è quello della facciata continua del primo piano: il vetro, di una grandezza intorno ai sei metri, risulta curvo grazie alla produzione in stampi convessi. Questa scelta permette sia di ricordare l'increspatura delle onde del vicino canale, ma anche di aumentare la rigidità strutturale del vetro, consentendogli di essere sostenuto con giunti in silicone minimi piuttosto che con montanti più ingombranti e visibili.⁷² L'ampia superficie vetrata sorretta dal minimo ancoraggio permette anche di creare un salotto panoramico dal quale si può scorgere qualsiasi parte della città.

Fig. 2.43. Dettaglio delle scaffalature basse e dotate di ruote per diverse configurazioni © BCI Library Furniture

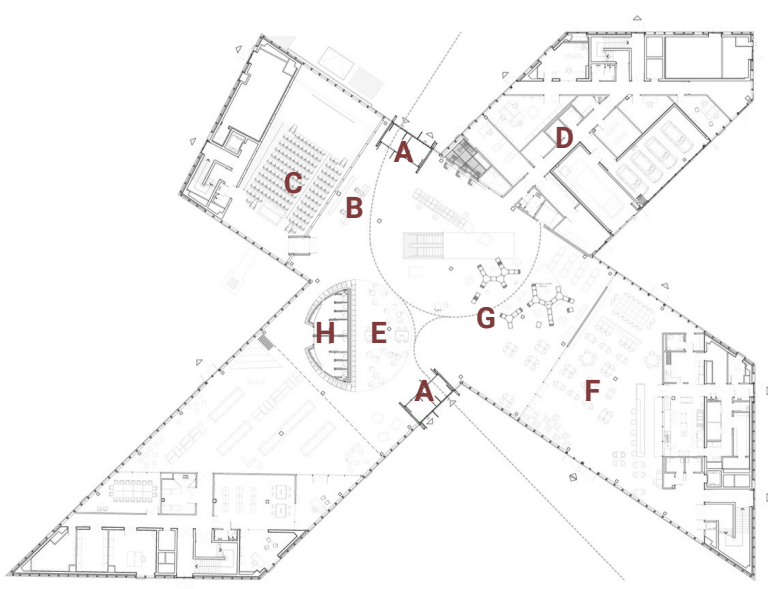
Fig. 2.44. Sala lettura open space al primo piano © Delfino Sisto Legnani, Marco Cappelletti

70 Archdaily. (2017, 18 gennaio). *Bibliothèque Alexis de Tocqueville* / OMA + Barcode Architects

71 *Ibidem*

72 Architizer (2018, 22 giugno). *Oma's Bibliothèque Alexis de Tocqueville Is the Perfect Library for the Digital Age*





Distribuzione funzionale

- A. Ingresso
- B. Bancone bibliotecario
- C. Auditorium e sala concerti
- D. Uffici e zona amministrativa
- E. Spazi espositivi
- F. Zona ristorazione
- G. Piazza coperta open space
- H. Servizi igienici
- I. Gradoni con spazi lettura e studio
- J. Area scienze umane
- K. Area scienza e tecnologie
- L. Area letteratura
- M. Area arte
- N. Sala lettura open space
- O. Area bambini
- P. Uffici e logistica
- Q. Sale conferenza
- R. Sale studio



Fig. 2.45. Pianta piano terra

Fig. 2.46. Pianta primo piano

Fig. 2.47. Pianta secondo piano



2.7. BIBLIOTECA DI VIIPURI

Il progetto per la biblioteca civica di Viipuri pone l'accento su un aspetto inedito per l'architettura delle biblioteche di quel periodo: il comfort psicologico e fisiologico dell'utente. Partendo dalle riflessioni fatte da Asplund per la biblioteca di Stoccolma e rileggendole in una chiave più razionalista, con questo progetto Aalto segna un punto di svolta significativo, togliendo all'architettura bibliotecaria quella accezione monumentale e retorica che l'aveva contraddistinta per molti anni, dandole un aspetto più vicino agli utenti con un'accezione incredibilmente moderna.

La biblioteca è composta da due corpi principali che ne rispecchiano le due funzioni principali: una di biblioteca vera e propria, l'altra dedicata alle attività sociali, auditorium e sale riunioni.

Le soluzioni tecnico-architettoniche sono relazionate alle differenti funzioni. La biblioteca si presenta con un volume ben definito, innalzato su un basamento finestrato che porta luce all'emeroteca ed agli spazi per i più giovani. Le attività sociali sono state concepite più aperte, il volume è più allungato ed ampiamente finestrato, permettendo il dialogo diretto con l'esterno.

*"L'idea base della creazione della biblioteca fu la costruzione di sale di lettura e di sale per i libri circolanti, che furono raggruppate su diversi piani attorno al controllo centrale situato in cima alla costruzione."*⁷³

Le sale di lettura e di magazzino sono disposte su livelli differenti, anche i percorsi giocano con salti di scala congiungendosi al centro dove si trova il banco del bibliotecario, disposto a ferro di cavallo, collegato direttamente allo spazio di deposito tramite una scala a chiocciola. Anche nella distribuzione degli arredi Aalto sa essere estremamente innovativo, con l'utilizzo dello scaffale aperto. Gli stessi scaffali distribuiscono lo spazio a livello funzionale, settorizzando le sale di lettura, pur mantenendo l'ambiente ampio e luminoso. L'attenzione durante lo studio individuale viene comunque garantita da nicchie appartate. Infatti, il progetto non è mai rivolto ad un "utente medio", ma viene sempre analizzato con tutte le sue sfaccettature ed esigenze fisiologiche e psicologiche.

73 Aalto, A. (1947). Architettura e arte concreta, *Domus*, 225, pp. 107

Localizzazione: Vyborg, Russia

Progettista: Alvar Aalto

Anno: 1935

Dimensione: 2.500 mq

Numero di piani: 2

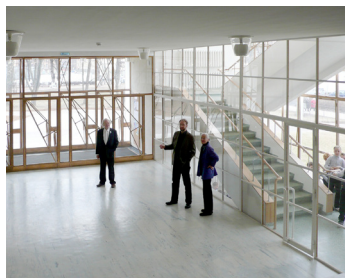
Orari di apertura: 11:00 - 19:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Fig. 2.48. Vista interna del banco bibliotecario e delle sale © Petri Neuvonen

Fig. 2.49. Vista esterna © Petri Neuvonen





I parametri di benessere vengono garantiti da soluzioni integrate come gli ampi lucernari, l'illuminazione artificiale indiretta, l'isolamento ed il sistema di ventilazione, la scelta del legno di abete per un maggiore comfort acustico ed ultimo, ma non meno importante, l'arredo.

Tutte le soluzioni sviluppate per rispondere a questi aspetti contribuiscono a creare uno spazio non differenziato, dove il soggetto è libero di scegliere il posto a lui più congeniale. Gli elementi di arredo e la gestione della luce lavorano assieme per giocare sull'ossimoro tra apertura e isolamento, caro all'architetto anche nei progetti che seguiranno.

La grande conquista di questo progetto è stata l'aver realizzato un ambiente familiare, all'interno di un edificio inconfondibilmente pubblico.⁷⁴

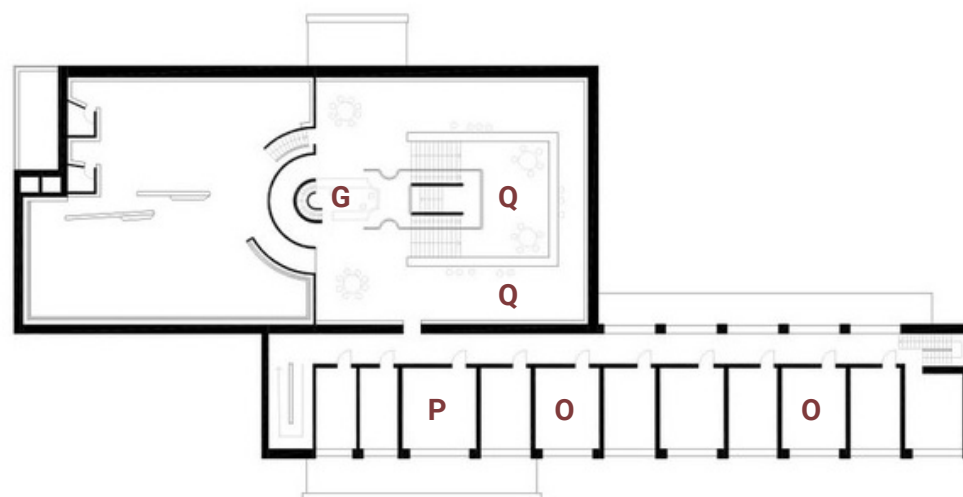
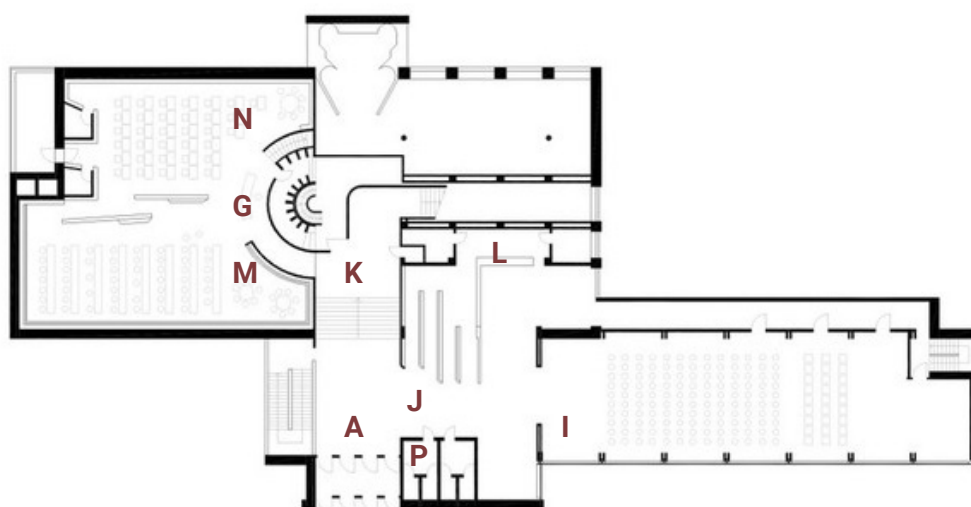
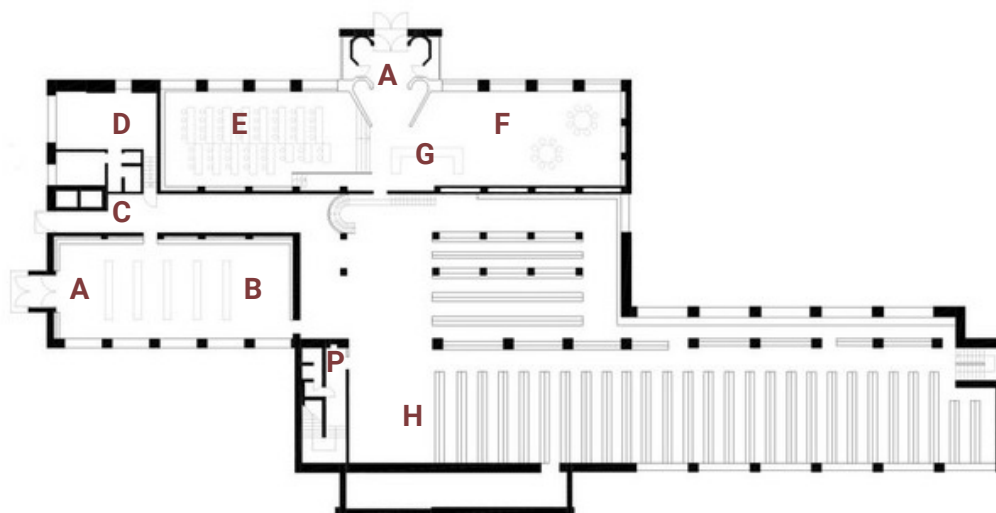
Fig. 2.50. Vista interna dell'atrio di ingresso durante un sopralluogo dei committenti del restauro della biblioteca dopo i danni causati dalla guerra © Petri Neuvonen

Fig. 2.51. Vista interna delle scaffalature continue senza finestre, soluzione possibile grazie ai numerosi lucernari circolari © Ninaraas

Fig. 2.52. Vista interna dell'auditorium in cui si può notare il soffitto ondulato in legno per migliorare l'acustica della stanza © Ninaraas

74 Brawne, M. (1970) Biblioteche: architettura e ordinamento, Milano: Edizioni di comunità, p.23





Distribuzione funzionale

- | | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| A. Ingresso | I. Auditorium |
| B. Emeroteca | J. Atrio di ingresso e foyer |
| C. Entrata di servizio | K. Vestibolo |
| D. Stanza per il custode | L. Carrel |
| E. Area ragazzi | M. Attualità e periodici |
| F. Area bambini | N. Postazioni studio |
| G. Bancone per il prestito | O. Uffici |
| H. Magazzino chiuso | P. Servizi igienici |
| | Q. Sala di prestito a scaffale aperto |

Fig. 2.53. Pianta piano terra

Fig. 2.54. Pianta piano rialzato

Fig. 2.55. Pianta primo piano



2.8. DEICHMAN BJØRVIKA

La nuova biblioteca Deichman Bjørvika si inserisce in un più ampio piano di riqualificazione urbana del distretto portuale della città di Oslo. I progettisti LundHagem and Atelier Oslo architects hanno pensato questo edificio non solo come una biblioteca, ma anche come luogo di socialità e di svago per la popolazione e per i numerosi turisti che visitano questa nuova zona della capitale.⁷⁵

Il concept che ha guidato la progettazione è stato denominato dagli architetti "Diagonale", ad evidenziare la volontà di progettare, sia esternamente che internamente, uno spazio guidato da tagli e linee oblique. Il risultato del concept lo si nota soprattutto all'interno: i diversi piani della biblioteca si interrompono in modo diverso l'uno dall'altro, formando i cavedi di risalita delle scale e di discesa della luce naturale zenitale con una direttrice diagonale. A livello strada, al termine del taglio obliquo, si vanno a creare i tre ingressi principali, caratterizzati da una forte connessione tra interno ed esterno grazie ai lucernari visibili direttamente dall'entrata. Questa soluzione ha permesso di creare tre "torri di libri"⁷⁶ in cui trovano dimora la maggior parte dei 450.000 volumi della biblioteca, lasciando i ballatoi e gli altri spazi liberi e flessibili per ogni utilizzo.

All'esterno il volume risulta essere di forma poligonale irregolare e molto compatto, eccezion fatta per il vistoso sbalzo all'ultimo piano che offre un suggestivo panorama sul fiordo a numerosi turisti che esplorano i quattro livelli della biblioteca per godere di una insolita vista sulla città. Questa forma particolare deriva dalle caratteristiche del lotto in cui è inserito l'edificio, di forma irregolare e circondato da altri corpi di fabbrica di interesse culturale e architettonico. La scelta progettuale dello sbalzo all'ultimo piano permette a chi sopraggiunge dal centro di Oslo di osservare comunque il teatro dell'Opera, le cui giaciture e i cui rivestimenti si integrano in modo perpendicolare con la biblioteca⁷⁷. Il rivestimento alterna vetro lucido al piano terra, per rafforzare il dialogo con la città, e vetro opaco, creando un gioco di luce e di trasparenza

Localizzazione: Oslo, Norvegia

Progettista: LundHagem and
Atelier Oslo architects

Anno: 2020

Dimensione: 19.600 mq

Numero di piani: 4

Orari di apertura: 08:00 - 22:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

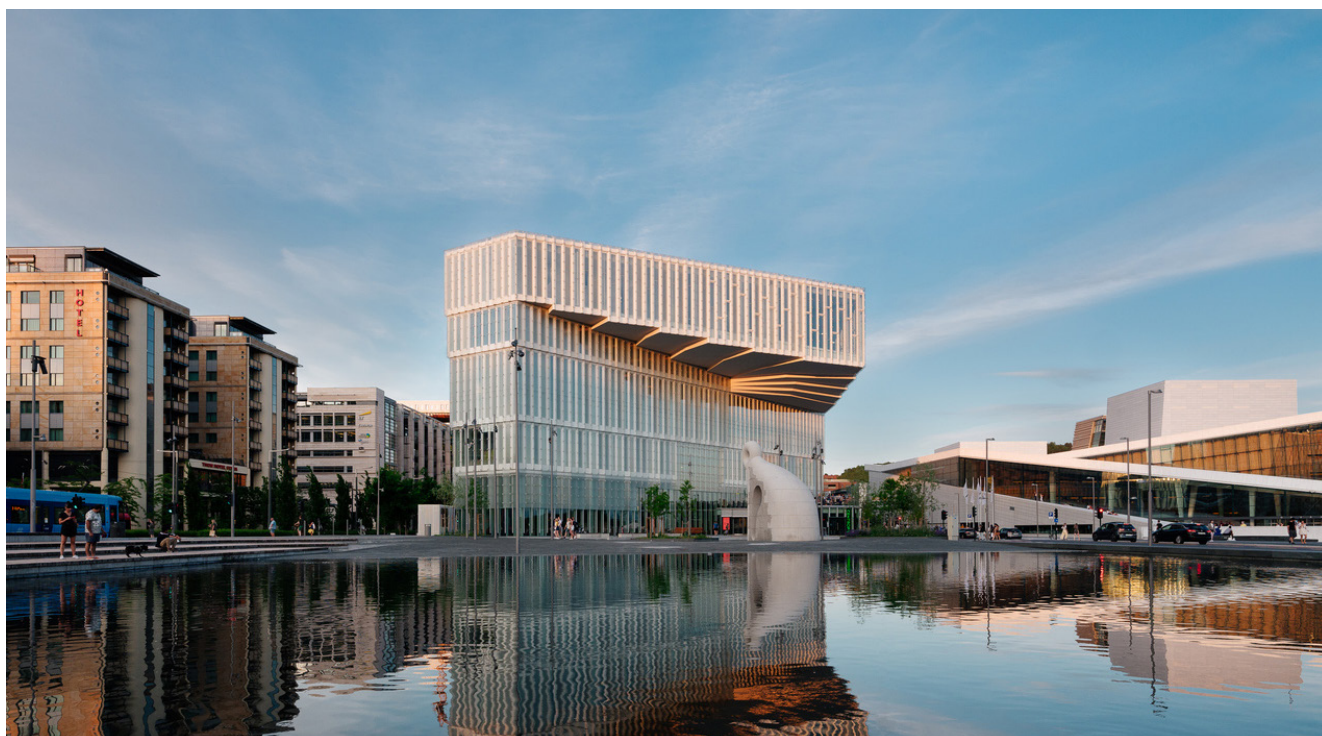
75 Muscogiuri, M. (2021). Deichman Bjørvika, *Arketipo*, 148, p. 65

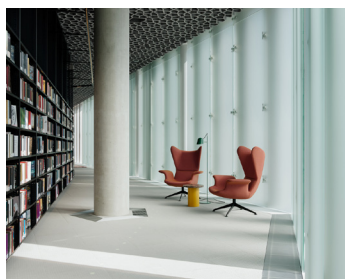
76 *Ivi*, p. 66

77 *Ibidem*

Fig. 2.56. Vista interna dei cavedi e dei piani aggettanti © Einar Aslaksen.

Fig. 2.57. Vista della Deichman Bjørvika dal fiordo di Oslo © Einar Aslaksen





IL PROGETTO STRUTTURALE

Fig. 2.58. Vista interna delle torri di libri riconoscibili tramite il colore nero delle scaffalature e delle pareti © Einar Aslaksen.

Fig. 2.59. Vista interna in cui si nota l'ingresso di luce lattiginosa tramite i vetri opachi dei piani superiori © Einar Aslaksen.

Fig. 2.60. Vista interna dall'ultimo piano aggettato © Einar Aslaksen.

tra l'esterno e l'interno.⁷⁸ Questo tipo di soluzione di facciata si integra perfettamente anche con le adiacenti residenze Bjørvika Barcode di Snøhetta, facenti parti del medesimo progetto di riqualificazione dell'area. Tutti gli spazi, grazie anche agli ampi cavedi e ai lucernari, sono inondati di luce naturale diffusa e lattiginosa⁷⁹, formando le condizioni perfette per la lettura e lo studio.

L'edificio si sviluppa su più livelli, ognuno con funzioni specifiche. Al piano interrato si trovano un auditorium, una sala cinematografica e depositi automatizzati. Il piano terra ospita l'atrio d'ingresso, una grande piazza centrale, circondata da negozi, ristoranti e uffici, presenti su tutti i piani nell'angolo nord-est. Il piano mezzanino accoglie la caffetteria e la sezione riviste. Al primo piano si trovano la narrativa e l'area bambini, con spazi dedicati ad attività educative e ludiche. Il secondo piano e i mezzanini ospitano la sezione musica e spettacolo, un *maker space*, sale per film e videogiochi, una sala di registrazione e ambienti per lo studio e la socialità. Il terzo piano include le sezioni di arte, architettura, scienze sociali e tecnologie, con aree studio e riunioni. Da qui parte una gradinata che conduce al quarto piano, dove si trova un belvedere panoramico. Il quarto piano ospita la sezione scienze naturali, la collezione Deichman, sale studio e uffici in affitto, oltre all'installazione *future library* di Katie Paterson, in cui ogni anno, per i prossimi 100 anni, uno scrittore contribuirà con un'opera che sarà pubblicata ed esposta in biblioteca.⁸⁰

La prossimità al fiordo ha reso necessari interventi complessi per le fondazioni, realizzate con pali che raggiungono i 70 metri di profondità. Per il solaio terrazzato a sbalzo, è stato scelto un sistema di solette sospese al tetto in cemento armato con una struttura folding. I parapetti inclinati servono anche come travi di irrigidimento. Senza controsoffitti, il controllo acustico è assicurato da pannelli di vetro cellulare espanso, sagomati per formare camere fonoassorbenti.⁸¹

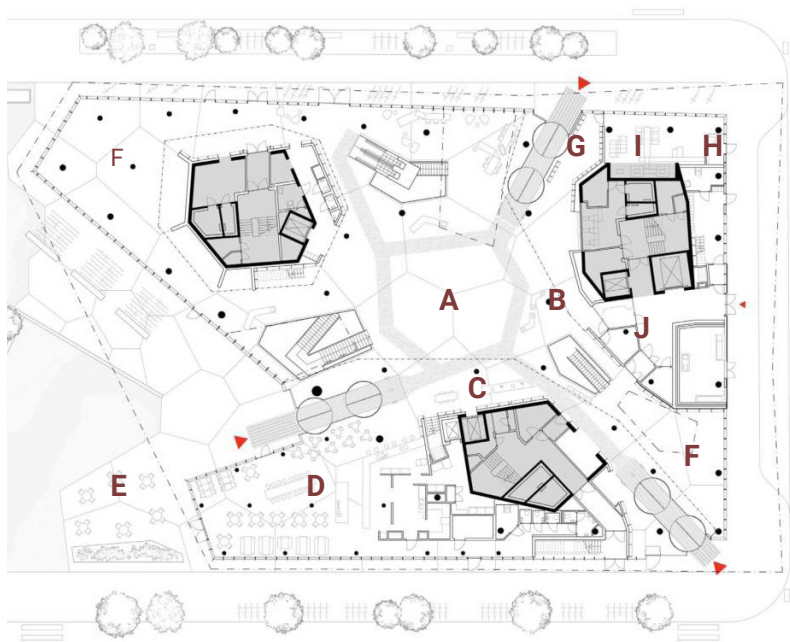
78 Domus. (2020, 8 ottobre). *Volumi a sbalzo e poligoni di luce nella biblioteca pubblica di Oslo*

79 Muscogiuri (2021), p. 70

80 Exibart. (2020, 17 agosto). *A Oslo, apre la Deichman Bjorvika, un nuovo concept di biblioteca*

81 Muscogiuri (2021), p. 74





Distribuzione funzionale

- A. Atrio
- B. Info point
- C. Help desk
- D. Ristorante/caffetteria
- E. Caffè all'aperto
- F. Spazi commerciali
- G. Scaffali volumi prenotati per il prestito
- H. Sportello di prestito automatizzato 24/7
- I. Impianto automatizzato distribuzione libri
- J. Uffici
- K. Sezione bambini
- L. Spazio installazioni/spazio ludico
- M. Palcoscenico
- N. Area lounge a scaffale aperto
- O. Area ristoro
- P. Narrativa
- Q. Area espositiva
- R. Scienze naturali
- S. Fondo speciale Deichman
- T. Installazione "Future Library"
- U. Sala studio
- V. Sala riunioni
- W. Carrel
- X. Spazi ufficio da affittare

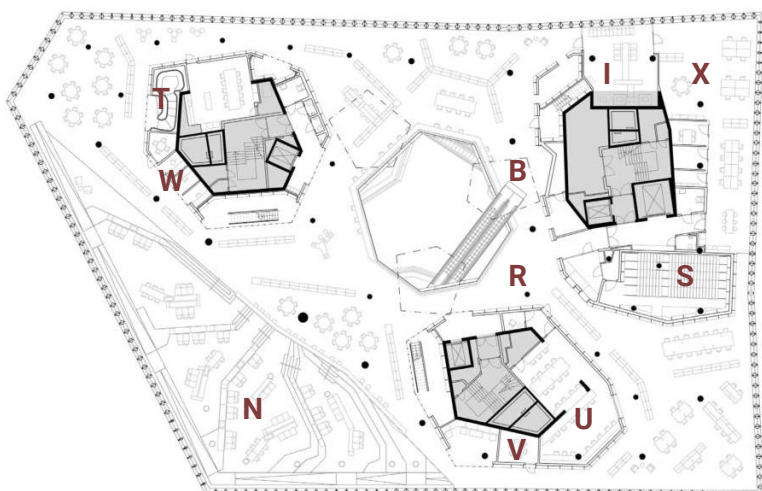
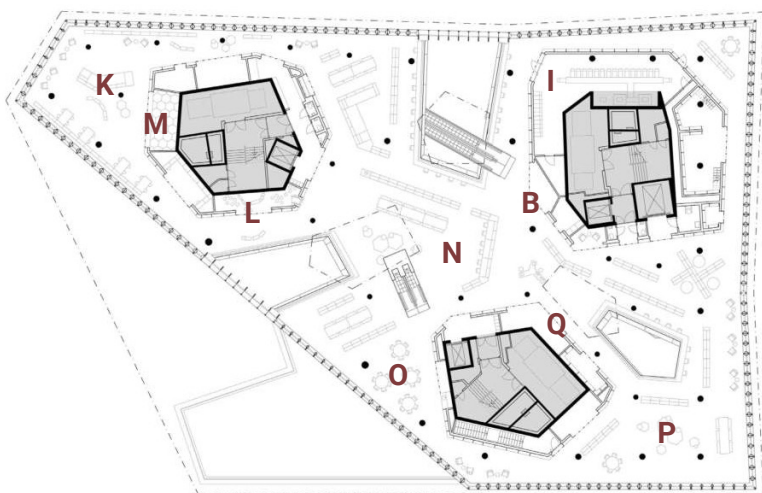


Fig. 2.61. Pianta piano terra.

Fig. 2.62. Pianta primo piano.

Fig. 2.63. Pianta quarto piano.



2.9. LA BIB LIBRARY

Il progetto della biblioteca parte dalla ristrutturazione del preesistente museo di belle arti, in quanto è stata necessaria una riqualificazione dal punto di vista urbano con il fine di ripopolare la città. La struttura ha perso la sua funzione originale, a seguito della scelta urbanistica municipale, acquisendo un ruolo fondamentale all'interno della comunità: si configura come un luogo d'incontro, di studio, di riposo e di accoglienza per la totalità della popolazione, anche grazie alla posizione favorevole; l'edificio si trova a poche centinaia di metri dal centro della città, ed è inoltre circondato da scuole.⁸²

La BIB si sviluppa su tre piani, di cui uno interrato; l'interno è caratterizzato da gradoni che rappresentano l'elemento attorno al quale si sviluppa tutta la mediateca e che vengono sfruttati dall'utenza per varie attività: la loro presenza va contro gli schemi della biblioteca tradizionale, rendendo lo spazio più informale e versatile. Pur essendoci questo grande cavedio, i due piani creano spazi separati con funzioni differenti: al piano terra è presente un ambiente più sociale che unisce spazi per i bambini, anziani e spazi con videogiochi per gli adolescenti; il piano superiore è dedicato allo studio e al lavoro, restando un'area più tranquilla. Lo spazio interno è strutturato con grandi spazi aperti, ad esclusione dell'auditorium e delle piccole aule separate per mezzo di grandi pareti vetrate.⁸³

La percezione che si ha dall'esterno è di un ambiente informale, un luogo di ritrovo e socialità che nel corso della giornata viene utilizzato da un'utenza sempre differente. La mattina si riscopre come luogo per le fasce di età più avanzate, mentre nel pomeriggio si popola di giovani studenti che dopo la scuola si incontrano per trascorrere insieme le ultime ore della giornata.

Tutte queste sensazioni sono suggerite dalla disposizione degli spazi interni che non presentano confini architettonicamente definiti ma che si sviluppano in un grande open space attorno alla gradonata che funge da fulcro dell'edificio.

Localizzazione: Dunkerque, Francia

Progettista: D'HOUNDT+BAJART Architects & Associates

Anno: 2019

Dimensione: 3.870 mq

Numero di piani: 3

Orari di apertura: 10.00 - 19.00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

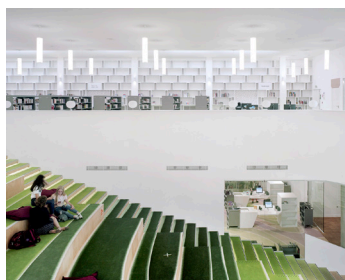
Fig. 2.64. Vista interna sull'area dei gradoni di collegamento tra i piani © Maxime Delvaux

Fig. 2.65. Vista esterna © Maxime Delvaux

⁸² Dumoulin, A. (2019). *BIB*, 19, pp. 5-7

⁸³ Archdaily. (2019, 21 ottobre). *LA BIB of Dunkerque Library / D'HOUNDT+BAJART Architects & Associates*





LO STUDIO DELLA LUCE



Il nuovo programma di biblioteca multimediale nasce dalla richiesta della popolazione di creare una biblioteca che non sembrasse una biblioteca. L'idea era di rompere i codici, di rendere più facile l'accesso e di rendere la biblioteca una struttura quotidiana. Per rendere l'edificio accessibile, i visitatori entrano attraverso il bar: un ambiente informale che modifica il concetto di biblioteca tradizionale. Lunghe serie di panchine invitano i visitatori a entrare e possono essere utilizzate per diverse attività: sedersi per leggere, fare una pausa durante una sessione di studio, disegnare, guardare il parco o semplicemente aspettare qualcuno.⁸⁴

Il progetto della luce è stato fondamentale per garantire nell'utilizzatore una forte sensazione di uniformità: oltre ad ampie superfici verticali vetrate, sono presenti due file di lucernari rettangolari e numerose fonti di illuminazione artificiale, diverse a seconda delle funzioni insediate nelle zone.

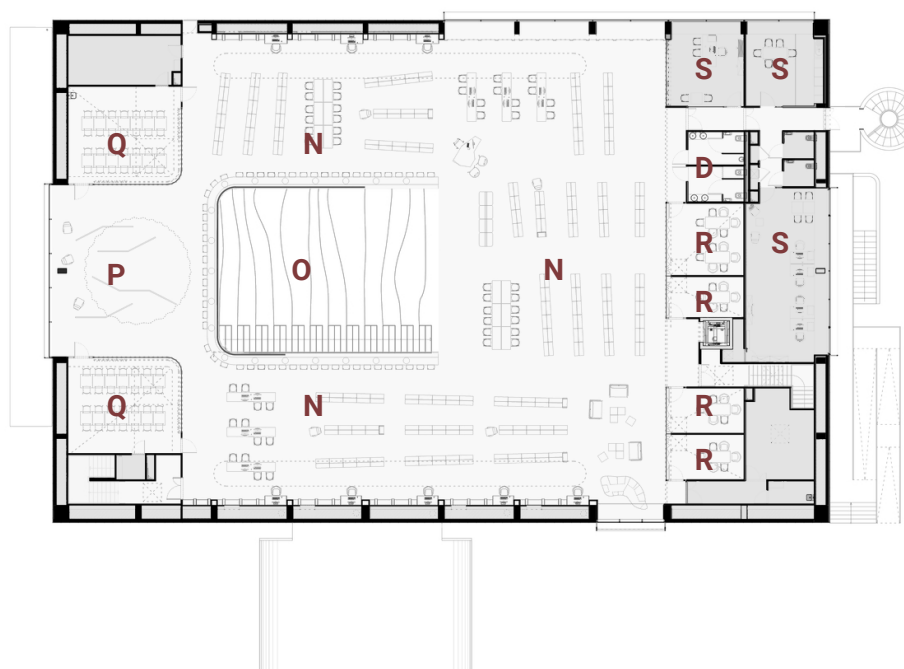
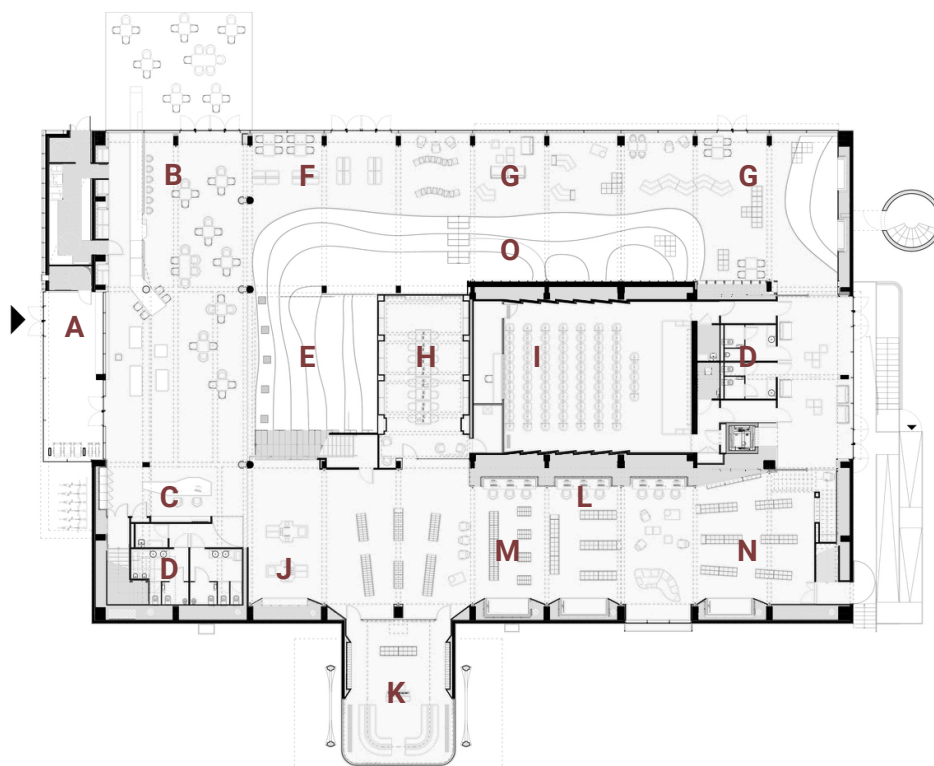
Fig. 2.66. Il rapporto tra l'ampia gradinata e i piani con scaffalature e postazioni per lo studio © Maxime Delvaux

Fig. 2.67. Sedute di forme organiche create all'interno della muratura © Maxime Delvaux

Fig. 2.68. Vista interna sulle postazioni aperte per la lettura e lo studio © Maxime Delvaux

84 *Ibidem*





Distribuzione funzionale

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| A. Ingresso | J. Mediateca |
| B. Caffetteria | K. Area musica |
| C. Bancone prestiti | L. Postazioni computer |
| D. Servizi igienici | M. Area fumetti |
| E. Piazza coperta gradonata | N. Sala di lettura a scaffale aperto |
| F. Edicola riviste e quotidiani | O. Area relax |
| G. Area bambini | P. Spazi espositivi |
| H. Sala consultazione archivio | Q. Sala studio e riunioni per gruppi |
| I. Auditorium | R. Sale studio e riunioni per singoli |
| | S. Uffici e amministrazione |

Fig. 2.69. Pianta piano terra

Fig. 2.70. Pianta primo piano



2.10. LOCHAL LIBRARY

La biblioteca LocHal è situata a Tilburg, un paese nel sud dei Paesi Bassi, ed è realizzata all'interno di un edificio fortemente identitario della città che è stato riqualificato a partire dal 2014.

Questo luogo si è classificato come una grande piazza coperta e un hub della creatività, il vero e proprio cuore pulsante del quartiere. Situata a ridosso della stazione ferroviaria, è il baricentro fisico e simbolico di una nuova area culturale che ha permesso alla cittadina di trasformare la propria identità da città operaia a centro per l'innovazione e l'arte. Rappresenta appieno l'idea della biblioteca di prossimità, all'interno della quale ogni utente diventa parte della biblioteca stessa ed è libero di muoversi come se fosse a casa propria.

La LocHal è la rifunzionalizzazione delle ex officine ferroviarie della Nederlandse Spoorwegen (le ferrovie olandesi), un enorme hangar che un tempo era destinato alla costruzione e manutenzione di locomotive e carrozze dei treni. Per la forte rilevanza storica che ha questo edificio, i progettisti hanno collaborato con un'équipe di esperti per salvaguardare l'edificio, mantenendone la struttura intatta.

L'edificio è costituito da due navate dalle dimensioni imponenti, con grandi vetrate perimetrali e ampi lucernari. Grazie alla riqualificazione, l'edificio si configura come un vasto contenitore in grado di ospitare numerose funzioni. All'interno è stato concepito uno scenario monumentale, con ampie gradinate che consentono di raggiungere i piani superiori fungendo anche da luoghi di socialità.⁸⁵

Gli allestimenti interni sviluppati dallo studio Mecanoo⁸⁶ generano una costellazione di diversi spazi, caratterizzati da microarchitetture che riportano a scala umana l'immenso ambiente open space dell'hangar. Alcune aree vengono arginate da vere e proprie pareti, mentre altre, come quelle pensate

Localizzazione: Tilburg, Olanda

Progettista: Braaksma & Roos architectenbureau, CIVIC architects, Inside Outside, Mecanoo

Anno: 2019

Dimensione: 7.000 mq

Numero di piani: 3

Orari di apertura: 08:00 - 22:00

IL PROGETTO ARCHITETTONICO

85 Muscogiuri, M. (2023). La LocHal di Tilburg: il "living room" della città. *Biblioteche Oggi*, 41(8), pp. 13-14

86 Lo studio Mecanoo si occupa anche della progettazione degli interni e degli arredi di numerose biblioteche, tra cui anche quelle di Birmingham e di Delft, con l'obiettivo di costruire spazi pertinenti al luogo e creare connessioni che diano scopo all'edificio

Fig. 2.71. Vista interna sulla piazza coperta all'ingresso © Ossip Architectuurfotografie.

Fig. 2.72. Vista esterna © Stijn Bollaert



per eventi e attività temporanee, sono organizzate per mezzo di pannelli tessili mobili.

L'edificio viene tagliato longitudinalmente da una "strada di libri", accostata da sedute informali e tavoli, la quale conduce al bancone di accoglienza collocato al centro tra le aree dei fumetti, l'area giovani adulti e l'area bambini.

Al piano terra è presente un enorme spazio a tutt'altezza designato al relax, all'incontro e alla socializzazione, con il padiglione della caffetteria, l'area espositiva e la selezione di giornali e riviste.

Il primo piano è occupato da un grande auditorium, un vasto foyer polivalente e sedici sale attrezzate per convegni, riunioni, workshop e coworking. All'ultimo piano, costituito da ballatoi, sono presenti gli scaffali aperti e sedute di varie tipologie per lo studio.

Sono stati realizzati sei ambienti speciali, chiamati "LocHal Labs", dedicati allo svolgimento di esperienze ed attività legate all'innovazione, al gioco, alla creatività e alla partecipazione: il "Digilab" permette di avvicinarsi al mondo delle nuove tecnologie digitali e di chiedere supporto per comprenderne il funzionamento; il "GameLab" presenta postazioni per videogiochi, per giochi da tavolo e giochi di ruolo; il "FoodLab" è un'area nella quale libri, corsi, attività ed eventi ruotano attorno al mondo del cibo; il "FutureLab" è un ambiente in cui vengono organizzati workshop e incontri sui temi dell'innovazione; il "Tijdlab" (ossia il laboratorio del tempo) contiene le collezioni librerie di storia locale e un'esposizione permanente della storia della città; infine, il "WoordLab", un ambiente dove le scaffalature rivestono persino il soffitto, è il luogo in cui si tengono incontri, corsi di scrittura e workshop su temi letterari.⁸⁷

Tutto l'edificio è stato progettato per soddisfare le esigenze degli utenti, facendo riferimento agli studi che si occupano del benessere ambientale nella progettazione di interni; per questo, una componente importante che è stata integrata nel progetto è il verde: la presenza di piante e vegetazione, secondo i principi del Biophilic Design, mette a proprio agio l'utente, garantendone un maggior comfort. Anche l'utilizzo di arredi domestici portano il fruitore a riconoscere questo ambiente come familiare e informale.

87 Muscogiuri (2023), pp. 19-20



I LABORATORI DELLA
LOCHAL



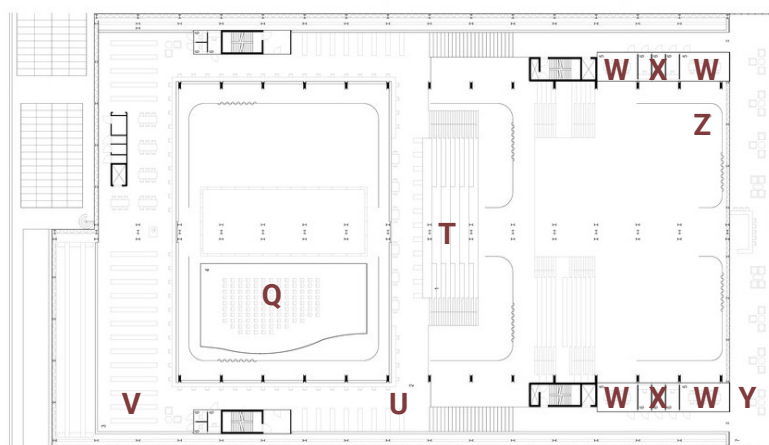
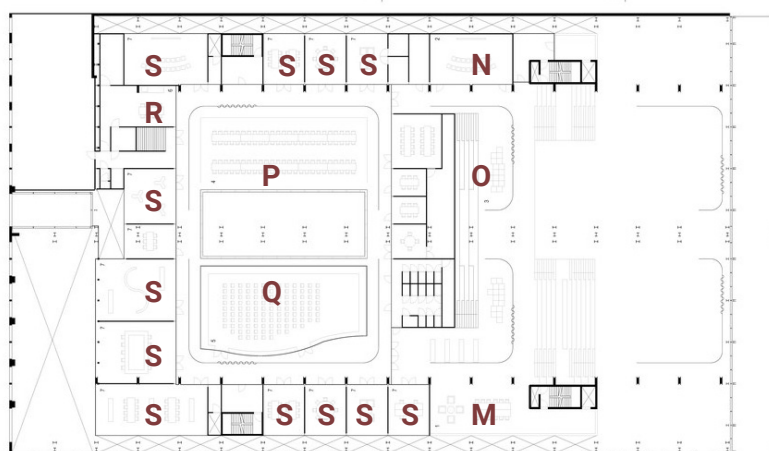
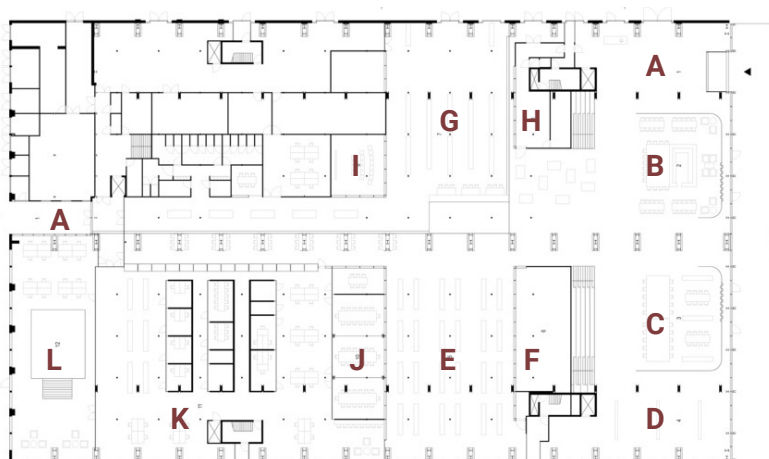
Fig. 2.73. Pareti divisorie mobili in tessuto per isolare gli spazi di conversazione e di conferenze © Ossip Architectuurfotografie

Fig. 2.74. WoordLab: luogo di incontri letterari © Ossip Architectuurfotografie

Fig. 2.75. Area 0-12 anni: gli scaffali sono sostituiti da enormi matite colorate e rigelli a creare un ambiente fiabesco © Ossip Architectuurfotografie



La LocHal rappresenta, quindi, un esempio straordinario di armoniosa fusione tra passato e presente, tradizione e innovazione, memoria e futuro; questo spazio offre sia la possibilità di socializzare che di ritagliarsi momenti di intimità. La biblioteca riesce così a trasformarsi in una nuova piazza urbana per la città e la comunità locale, un laboratorio multidisciplinare aperto a tutti, nonché un luogo di socialità, studio, lavoro, incontro, relax, gioco, apprendimento e crescita, sia individuale che collettiva.



Distribuzione funzionale

- A. Ingresso
- B. Ristorante/caffetteria
- C. *Kennismakerij* (creazione di conoscenza): spazio per dibattiti, presentazioni e conferenze
- D. Spazi espositivi
- E. Area giovani adulti
- F. Digilab
- G. Biblioteca a scaffale aperto
- H. Laboratorio di cucina
- I. Living library: biblioteca umana in cui i libri sono i racconti delle persone
- J. Sale riunioni
- K. Uffici
- L. Palco
- M. Spazi polifunzionali
- N. Laboratorio di dibattito
- O. Spazi per laboratori
- P. Spazi Seats2meet
- Q. Auditorium e sala da concerto
- R. Cucine Seats2meet
- S. Sale conferenze Seats2meet
- T. Gradinata
- U. Postazioni per lavoro e studio
- V. Collezione scientifica
- W. Stanze per laboratori
- X. Stanze per il lavoro individuale
- Y. Terrazza del ristorante
- Z. Pareti divisorie mobili in tessuto

Fig. 2.76. Pianta piano terra

Fig. 2.77. Pianta primo piano

Fig. 2.78. Pianta secondo piano

3. PSICOLOGIA ARCHITETTONICA

3.1. PSICOLOGIA AMBIENTALE

Nell'ottica di comprendere le relazioni tra l'uomo e il contesto in cui esso si trova, negli anni Cinquanta e Sessanta è nata una nuova branca della psicologia: la psicologia ambientale.

Questo particolare ambito si occupa di studiare come l'ambiente influenza il comportamento umano e la mente e, viceversa, come l'uomo tende a modificare l'ambiente in cui si trova.⁸⁸ All'interno di questa disciplina, il concetto di ambiente ha una declinazione sia naturale che artificiale, a partire dai luoghi a noi più vicini (come la nostra stanza, la nostra casa e il nostro quartiere), fino ai luoghi più ampi e condivisi (come i luoghi di lavoro e le grandi città).

3.2. PSICOLOGIA ARCHITETTONICA

Dal più ampio campo della Psicologia ambientale si è sviluppata la psicologia architettonica, nata alla fine degli anni '50 del secolo scorso con il compito di descrivere e spiegare gli effetti emozionali che l'architettura e lo spazio urbanizzato sono in grado di provocare in chi li osserva e li vive.⁸⁹

L'interesse nel collegamento tra assetto architettonico dell'ambiente e comportamento umano è nato durante la ricostruzione post-bellica in Inghilterra, dove sono state finanziate ricerche proprio per approfondire questo legame. L'interesse è poi andato a scemare per un periodo per poi ritornare in voga agli inizi degli anni '60, periodo in cui è stato coniato il nome di psicologia architettonica. È proprio in questo lasso di tempo che si assiste alla formazione di gruppi di ricerca costituiti da architetti e psicologi in Nord America, in Gran Bretagna e in Svezia. Il loro obiettivo era quello di ridimensionare l'eccessiva distanza che si era creata tra progettisti e utenti, in particolare dovuta alla diffusione di una progettazione definita "egocentrica", volta alla soddisfazione di bisogni estetici e all'autoaffermazione dell'architetto stesso.⁹⁰

I primi studi condotti si sono concentrati sulla progettazione di ambienti ospedalieri. Nel 1958, in particolare, le ricerche eseguite dagli psicologi sociali William Ittelson e Harold Proshansky, con l'aiuto di un gruppo di ricerca presso la City University di New York, hanno portato ad analizzare l'impatto di un rinnovamento dell'assetto fisico-spaziale di un ospedale psichiatrico sul comportamento e sulle sensazioni dei pazienti ricoverati. Successivamente, numerosi studi si sono concentrati su altre tipologie architettoniche, come gli ambienti residenziali e lavorativi.

Nel 1974, David Canter e Terence Lee hanno identificato tre ambiti principali rispetto ai quali la psicologia architettonica fornisce informazioni utili in fase di progettazione:

AMBITI PRINCIPALI

- Attività delle persone: il tipo di attività svolte all'interno di uno spazio, in quali luoghi e in che modo.

⁸⁸ Costa, M. (2013). *Psicologia ambientale e architettonica. Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento*. Segrate (Milano): Franco Angeli, p. 11.

⁸⁹ Wolflin, H. (2010). *Psicologia dell'architettura*. Varese: Fotoincisione Varesina, p. 10.

⁹⁰ Bonaiuto, M., Bilotta, E., Fornara, F. (2004). *Che cos'è la psicologia architettonica*. Roma: Carocci editore, pp. 9-10.

- Valutazioni differenziate delle attività: quali gerarchie esistono tra le attività, sia dal punto di vista pratico che valoriale.
- Relazione comportamento-ambiente: non limitarsi alla conoscenza delle reazioni connesse alle variabili architettoniche, ma valutare i meccanismi più intrinseci che le guidano.⁹¹

Il contributo che la psicologia apporta alla progettazione architettonica è considerato, dai due autori, differenziato in base alla fase progettuale che l'architetto sta affrontando. In particolare, nella fase di ideazione, possono essere utilizzate indicazioni provenienti dalla ricerca psicologica riguardanti la relazione tra caratteristiche architettoniche e comportamentali. Nella seconda fase di specificazione si ricercano delle relazioni tra aspetti psicologici e caratteristiche ambientali, come per esempio il nesso tra illuminazione e insonnia, tra rumori troppo elevati e prestazioni lavorative. Nella terza e ultima fase di valutazione, invece, si analizza il costruito per individuare eventuali inadeguatezze ed ipotizzare dei miglioramenti per mitigare gli effetti negativi osservati.⁹²

PROGETTAZIONE SOCIALE

Un altro approccio che affianca quello psicologico è la progettazione sociale. Questa branca nasce intorno agli anni '80, con lo scopo di migliorare l'abitabilità e la vivibilità degli edifici attraverso il coinvolgimento diretto degli utenti stessi nel processo progettuale. I principali obiettivi della progettazione sociale sono:

- Creare ambienti che rispondano appieno alle esigenze dei loro utilizzatori e siano adatti alle attività che da essi verranno svolte.
- Modificare i comportamenti degli utenti di un luogo, come - per esempio - incrementare la produttività degli impiegati di un ufficio, diminuire l'aggressività nelle prigioni o intensificare l'interazione e la comunicazione negli ospizi.
- Incrementare il controllo personale degli occupanti dando loro la possibilità di modificare lo spazio, conformandolo in modo tale che risponda alle esigenze di ognuno.
- Facilitare il supporto sociale progettando ambienti che favoriscano cooperazione, assistenza e sostegno tra gli utenti.
- Rendere gli edifici facilmente leggibili, facilitando occupanti e visitatori negli spostamenti al loro interno.⁹³

La ricerca sociale ha apportato numerosi vantaggi al processo progettuale; gli stessi vantaggi, di conseguenza, si riflettono immediatamente sui fruitori dell'edificio. Innanzitutto, il contributo diretto degli utenti permette di progettare ambienti più abitabili, che rispondono al meglio alle esigenze e alle abitudini comportamentali dei singoli, contribuendo a ridurre il livello di stress percepito e, di conseguenza, facilitando il raggiungimento degli obiettivi. Inoltre, la progettazione sociale contribuisce ad intensificare e migliorare la comunicazione tra il progettista e gli attori coinvolti nel processo, aumentando la probabilità di raggiungimento degli obiettivi imposti.⁹⁴

91 Ivi, p. 16

92 Ivi, pp.16-17

93 Ivi, pp. 19-20

94 Ivi, p. 22

3.3. NEUROARCHITETTURA

Le neuroscienze sono "l'insieme delle discipline che studiano le basi biologiche della mente e del comportamento, analizzando in particolare i vari aspetti morfologici del sistema nervoso. Le funzioni mentali e psichiche che vengono analizzate dalle neuroscienze sono l'attenzione, la sensazione, la percezione, il sonno, la memoria, l'apprendimento, le emozioni, ecc.⁹⁵"

Negli anni '90 il genetista americano Fred Gage ha scoperto che il cervello e, di conseguenza, i comportamenti e le emozioni, vengono influenzati a livello chimico dall'ambiente all'interno del quale ci si trova. È proprio questa scoperta che dà la luce alla neuroarchitettura. Applicare le neuroscienze all'architettura permette ai progettisti di realizzare degli ambienti che interagiscono in maniera diretta con il sistema nervoso centrale dell'essere umano, influenzandone le prestazioni, lo stato psicologico e lo stato fisico, garantendo allo spazio un ruolo di catalizzatore delle dinamiche personali e sociali.

Grazie alle nuove tecnologie è possibile osservare ed analizzare l'attività cerebrale dell'utente quando entra e vive un ambiente. Tutto ciò fornisce indicazioni precise sulla distribuzione degli spazi e su come questi condizionano gli individui all'interno. Questi dati sono molto utili per i progettisti in quanto possono essere utilizzati in fase preliminare e progettuale, in particolare per comprendere in quale alternativa proposta l'utilizzatore finale si trova più a suo agio.

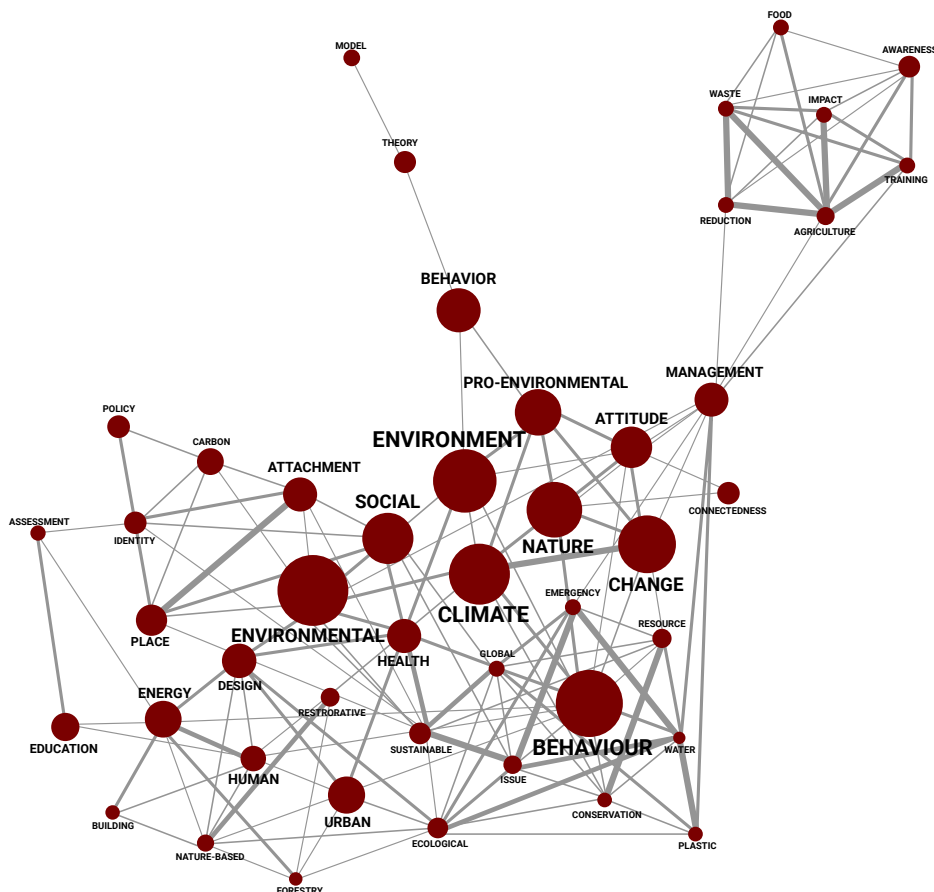
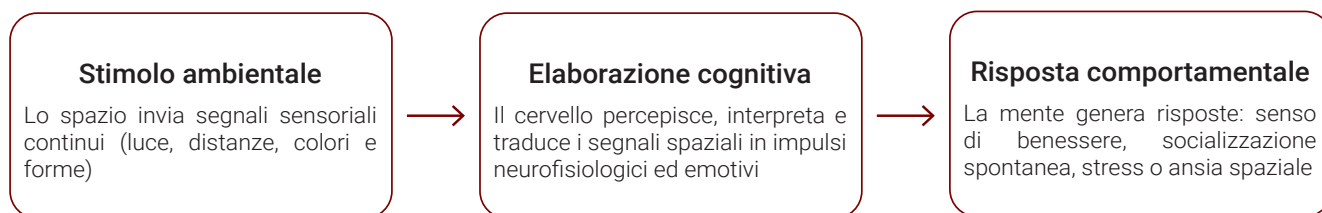


Fig. 3.1. Rete semantica con i temi emersi sugli attuali trend di Psicologia Ambientale - Estratto della tavola "Psicologia architettonica | Introduzione" - Rif. tav. 4

3.4. PROGETTAZIONE BIOFILICA

Il termine biofilia - composto dalle parole “*bio*” (vita) e “*filia*” (amore) - è stato introdotto nel 1964 dallo psicologo tedesco Erich Fromm per spiegare l’innata tendenza dell’uomo a concentrare il proprio interesse sulla vita e sui processi vitali.

Il legame tra architettura e natura, però, ha radici molto più profonde. Nella storia dell’architettura, fin dai primi edifici, è evidente che vi sia un forte richiamo alle forme naturali: animali stilizzati caratteristici del neolitico a Göbekli Tepe, la sfinge egizia, le foglie d’acanto che adornano i templi greci e la loro storia di origine vitruviana, la capanna primitiva e le delicate filigrane a foglie del design rococò.⁹⁶ Questi esempi concreti rendono evidente come le connessioni con la natura siano da sempre vitali per mantenere un’esistenza sana e vivace.

Attualmente, il problema che i progettisti si pongono è quello di riuscire a riconnettere gli abitanti di ambienti urbani con la natura, elemento sempre meno presente nelle città di oggi. Nel 2006, un convegno tenuto a Rhode Island ha ispirato una corrente di progettazione architettonica e urbanistica che si occupa proprio di questo aspetto: progettazione biofilica (*biophilic design*).⁹⁷ Attualmente gli approcci di questa corrente progettuale sono definiti con criteri scientifici, in quanto è possibile misurare concretamente, attraverso le neuroscienze, il benessere fisico e psicologico che la natura provoca nell’uomo.

SEI ELEMENTI DI PROGETTAZIONE BIOFILICA

Nel 2008, il professore di Ecologia sociale di Yale Stephen Kellert ha individuato sei elementi di progettazione biofilica: caratteristiche ambientali, strutture e forme naturali, modelli e processi naturali, luce e spazio, relazioni basate sul luogo e relazioni evolutive tra uomo e natura. Queste caratteristiche sono state successivamente declinate in 72 attributi corrispondenti, dalla cui interazione si ottengono i principi per la progettazione biofilica.⁹⁸

QUATTORDICI PATTERN BIOFILICI

Un approccio più semplificato è stato esposto da Bill Browning, il quale ha proposto di organizzare il biophilic design secondo 14 modelli, anche detti pattern, raggruppati in tre ambiti:

- Natura nello spazio.
- Analoghi naturali.
- Natura dello spazio

Il primo ambito affronta la presenza diretta, fisica ed effimera della natura in un luogo. Sono compresi sette pattern:

1. Connessione visiva con la natura.
2. Connessione non visiva con la natura.
3. Stimoli sensoriali non ritmici.
4. Variabilità termica e del flusso d’aria.
5. Presenza di acqua.
6. Luce dinamica e diffusa.
7. Connessione con i sistemi naturali.

L’ambito degli analoghi naturali si rivolge alle rievocazioni organiche, non viventi e indirette della natura. I pattern compresi sono:

8. Forme e pattern biomorfici.
9. Connessione materiale con la natura.
10. Complessità e ordine.

⁹⁶ Browning, W.D. Et al (2023). *I 14 pattern della progettazione biofilica*. Terrapin Bright Green LLC, n 8, p. 6.

⁹⁷ Barbiero, G., Marchetti, C. (2021). *Biofilia e architettura. Uomo e natura, equilibri e cambiamento*, pp. 55.

⁹⁸ Ivi, p. 56

L'ultimo ambito, ossia la natura dello spazio, affronta le configurazioni spaziali in natura. Comprende i pattern:

11. Prospettiva.
12. Rifugio.
13. Mistero.
14. Rischio/pericolo.

I quattordici pattern hanno influenza sul sistema cognitivo, psicologico e fisiologico. Studi empirici hanno dimostrato che le esperienze in ambienti naturali garantiscono una maggiore rigenerazione emotiva, diminuendo l'ansia, la tensione e l'affaticamento; inoltre, innescano il rilassamento muscolare, l'abbassamento della pressione e la diminuzione dei livelli dell'ormone dello stress.

3.4.1. I PATTERN DI PROGETTAZIONE BIOFILICA

I pattern hanno lo scopo di guidare nel processo di progettazione e sono uno strumento a disposizione dell'architetto per poter meglio articolare le connessioni tra gli aspetti dell'ambiente costruito e quello naturale, oltre che il modo in cui le persone reagiscono e ne traggono vantaggio.

L'obiettivo è quello di fornire un ambiente che aiuti l'utente a spostare l'attenzione per rilassare i muscoli oculari e temperare l'affaticamento cognitivo.

Di seguito, si analizzano più nel dettaglio i pattern sopra presentati, chiarendo il contributo concreto che questi possono portare in fase di progettazione.

Per quanto riguarda la connessione visiva con la natura, Browning propone diverse considerazioni progettuali, tra cui:

- Dare priorità alla natura reale rispetto a quella simulata; e alla natura simulata rispetto a nessuna natura.
- Dare priorità alla biodiversità rispetto alla superficie, all'area o alla quantità.
- Dare priorità o creare l'opportunità di fare esercizio in prossimità di spazi verdi.
- Progettare per supportare una connessione visiva che può essere sperimentata per almeno 5-20 minuti al giorno.
- Progettare layout e arredi spaziali per mantenere le visuali desiderate ed evitare di ostacolare l'accesso visivo quando si è seduti.
- Le connessioni visive, anche con piccoli esempi di natura, possono essere rigenerative e particolarmente rilevanti per interventi temporanei o spazi in cui l'immobile è limitato.

Per il secondo pattern, invece, l'obiettivo è fornire un ambiente che permetta l'utilizzo di quasi tutti i cinque sensi per coinvolgere attivamente l'individuo e aiutarlo a ridurre il livello di stress e a migliorare la salute fisica e psicologica percepita. Di seguito si riportano delle considerazioni progettuali per stabilire una forte connessione non visiva con la natura:

- Dare priorità ai suoni della natura rispetto ai suoni urbani.
- Progettare connessioni non visive che siano facilmente accessibili da uno o più luoghi, in modo tale da consentire un coinvolgimento quotidiano.
- Un singolo intervento che possa essere sperimentato in più modi può aumentare gli effetti sugli utenti.
- Progettare connessioni visive e non visive da sperimentare simultaneamente per massimizzare le potenziali risposte positive per la salute.

Il terzo pattern ha come obiettivo quello di incoraggiare l'uso di stimoli sensoriali naturali che attirano l'attenzione in modo discreto, ripristinando la capacità dell'individuo di svolgere un compito mirato, in particolare dopo aver subito un affaticamento cognitivo. Questo è dovuto al fatto che l'essere umano percepisce il movimento nella vista periferica molto più velocemente di quella

1. CONNESSIONE VISIVA CON LA NATURA

2. CONNESSIONE NON VISIVA CON LA NATURA

3. STIMOLI SENSORIALI NON RITMICI

frontale. Il cervello, inoltre, elabora il movimento degli esseri viventi in un'area cerebrale diversa rispetto agli oggetti meccanici, cosicché il movimento naturale è generalmente percepito come positivo e il movimento meccanico come neutro o addirittura negativo. Quindi, le considerazioni progettuali per stabilire stimoli non ritmici accessibili ed efficaci possono essere:

- Le esperienze sensoriali non ritmiche dovrebbero verificarsi approssimativamente ogni 20 minuti per circa 20 secondi e, per gli stimoli visivi, da una distanza superiore a 6 metri.
- Una strategia di stimoli non ritmici può essere intrecciata con quasi tutti i piani paesaggistici o di orticoltura. Ad esempio, la selezione di specie vegetali per fiorire che attireranno api, farfalle e altri impollinatori potrebbe essere un'applicazione più pratica per alcuni progetti rispetto alla manutenzione di un alveare.

4. VARIABILITÀ TERMICA E DEL FLUSSO D'ARIA

La variabilità termica e del flusso d'aria ha come obiettivo di fornire un ambiente che consenta ai fruitori di sperimentare gli elementi sensoriali del cambiamento di temperatura e del ricircolo di aria, consentendo all'utente di controllare le condizioni termiche attraverso la regolazione di dispositivi individuali. Considerazioni progettuali:

- L'integrazione del flusso d'aria e delle condizioni termiche nei materiali, l'illuminazione diurna, la ventilazione meccanica e/o le finestre aiuteranno a distribuire la variabilità nello spazio e nel tempo.
- Il comfort termico è un elemento fondamentale di collegamento tra la progettazione biofilica e quella sostenibile, soprattutto di fronte al cambiamento climatico e all'aumento dei costi energetici. Quando la variabilità termica e del flusso d'aria viene realizzata in modo da ampliare la percezione del comfort termico da parte delle persone, può anche contribuire a ridurre la domanda di energia per il raffrescamento e il riscaldamento.
- Progettare caratteristiche che consentano agli utenti di adattare e modificare facilmente le condizioni termiche percepite nel loro ambiente aumenterà l'intervallo di temperature accettabili di due gradi al di sopra e al di sotto dei parametri convenzionali per il comfort termico. Quindi, se l'utente è in grado di controllare lo spazio intorno a sé, riuscirà senza accorgersi a sopportare temperature più alte o più basse rispetto ad un normale livello di comfort.
- Il coordinamento delle strategie di progettazione all'interno di un gruppo di progetto (per esempio, architetto, progettista dell'illuminazione e ingegneri impiantisti) sarà particolarmente importante già nel processo di progettazione schematica per raggiungere l'intento progettuale.

6. LUCE DINAMICA E DIFFUSA

Nel sesto pattern l'obiettivo ricercato è duplice: fornire agli utenti opzioni di illuminazione che stimolino la vista e mantengano l'attenzione, in modo da generare una risposta psicologica o fisiologica positiva e aiutare a mantenere il funzionamento del sistema circadiano. La luce non deve essere completamente omogenea ma neanche presentare differenze estreme.

Le considerazioni progettuali per stabilire un equilibrio tra condizioni di luce dinamica e diffusa sono:

- Le condizioni di illuminazione dinamica possono favorire la transizione tra spazi interni ed esterni.
- Condizioni di illuminazione drasticamente dinamiche, come movimento sostenuto, cambiamento di colore, penetrazione diretta della luce solare e contrasti elevati, potrebbero non essere appropriate per gli spazi in cui si svolgono attività di attenzione diretta come studio o lavoro.
- L'illuminazione circadiana sarà particolarmente importante negli spazi che le persone occupano per lunghi periodi di tempo.

7. CONNESSIONE CON SISTEMI NATURALI

Il settimo e ultimo pattern presentato nell'ambito della natura nello spazio si pone come obiettivo quello di aumentare sia la consapevolezza delle proprietà naturali che la gestione degli ecosistemi all'interno dei quali prevalgono tali

proprietà. Considerazioni e opportunità di progettazione che possono aiutare a creare connessioni di qualità con i sistemi naturali possono essere, per esempio:

- Integrazione della raccolta e del trattamento dell'acqua piovana nella progettazione del paesaggio che risponde agli eventi piovosi.
- In alcuni casi, fornire un accesso visivo ai sistemi naturali esistenti sarà l'approccio più semplice ed economico. In altri casi, l'incorporazione di tattiche di progettazione reattiva (per esempio, l'uso di materiali che cambiano forma o espandono la funzione con l'esposizione a calore solare, vento, pioggia/umidità o ombreggiamento), strutture (per esempio, pozzi a gradini) e formazioni del terreno (per esempio, canali di scolo, ruscelli, dune) saranno necessari per raggiungere il livello di consapevolezza desiderato.
- Progettazione di opportunità interattive, in particolare per bambini, pazienti e anziani (per esempio, curriculum educativo integrativo, programmi di orticoltura, orti comunitari, corsi e studi sulla cucina e sulla dieta stagionale).

Passando invece ai pattern racchiusi nell'ambito dei surrogati naturali, l'obiettivo dell'ottavo punto è fornire elementi di design rappresentativi all'interno dell'ambiente costruito, i quali consentano agli utenti di stabilire connessioni con la natura, utilizzando forme e pattern biomorfici per formare un ambiente che migliori le prestazioni cognitive e induca la riduzione dello stress.

Di seguito si riportano delle considerazioni progettuali che possono aiutare a creare una condizione biomorfica di qualità:

- Applicazione su 2 o 3 piani o dimensioni (per esempio, pavimento e parete, finestre di mobili e intradossi) per una maggiore diversità e frequenza di esposizione.
- Evitare l'uso eccessivo di forme e pattern che possono portare a effetti visivi tossici.
- Interventi più completi risulteranno più efficaci economicamente se introdotti già dall'inizio del processo di progettazione.

La connessione materiale con la natura pone come scopo quello di esplorare le caratteristiche e le quantità di materiali naturali ottimali per generare risposte cognitive o fisiologiche positive.

Considerazioni di progettazione che possono aiutare a creare una connessione materiale di qualità:

- Le quantità di un materiale naturale e di un colore dovrebbero essere specificate in base alla funzione prevista dello spazio (per esempio, ripristinare contro stimolare). Allo stesso modo, si consiglia un grado di variabilità dei materiali e delle applicazioni rispetto a proporzioni elevate di un unico materiale o colore.
- I materiali autentici sono preferiti alle varianti sintetiche poiché i recettori umani sono in grado di distinguere tra reale e sintetico; quindi i materiali naturali leggermente elaborati sono preferiti ogniqualevolta sia possibile.
- Introdurre esempi del colore verde può aiutare a migliorare gli ambienti creativi; tuttavia, studi scientifici sull'impatto del colore verde sono stati per lo più condotti in ambienti di laboratorio controllati. Questo può far notare come la dipendenza dal colore per generare creatività debba essere considerata in via del tutto sperimentale.

L'obiettivo del decimo e ultimo punto di questo ambito è quello di fornire simmetrie e geometrie frattali, configurate con una gerarchia spaziale coerente per creare un ambiente visivamente stimolante, al fine di generare una risposta psicologica o cognitiva positiva. Considerazioni di progettazione che possono aiutare a creare una condizione di complessità e ordine di qualità:

- Dare priorità alla selezione di design e materiali, espressioni architettoniche e schemi paesaggistici e di pianificazione generale in cui si possono rilevare geometrie e gerarchie frattali.
- Le strutture frattali con tre iterazioni avranno un maggiore impatto rispetto a un design limitato a due iterazioni.

8. FORME E PATTERN BIOMORFICI

9. CONNESSIONE MATERIALE CON LA NATURA

10. COMPLESSITÀ E ORDINE

- La tecnologia informatica che utilizza algoritmi di funzioni matematiche e geometriche può produrre facilmente progetti frattali per applicazioni architettoniche, di progettazione e pianificazione. Se viene creato un disegno frattale, si consideri l'utilizzo di geometrie con un rapporto dimensionale di complessità media.
- L'uso eccessivo e/o l'esposizione prolungata a dimensioni frattali elevate potrebbe creare disagio o addirittura paura, in totale contrasto con la risposta prevista, ossia quella di ridurre lo stress percepito. Il mancato utilizzo o il sottoutilizzo dei frattali nella progettazione potrebbe comportare una completa prevedibilità e disinteresse.
- Un nuovo edificio o progetto paesaggistico dovrebbe tenere conto del suo impatto sulla qualità frattale dello skyline urbano esistente.

11. PROSPETTIVA

Passando all'ambito della natura dello spazio, l'obiettivo della prospettiva è quello di fornire agli utenti una condizione idonea che permetta un'ispezione visiva e una contemplazione dell'ambiente circostante.

Possibili considerazioni progettuali che possono facilitare la realizzazione di una condizione qualitativa di prospettiva sono:

- L'orientamento dell'edificio, delle finestre, dei corridoi e delle postazioni di lavoro contribuirà a ottimizzare l'accesso visivo a panorami interni o esterni, centri di attività o destinazioni.
- Progettare con o attorno a un ecosistema simile a una "savana esistente" o predisposta; una massa d'acqua ed evidenze di attività o abitazioni umane contribuiranno alla ricchezza di informazioni della vista prospettica.
- Fornire lunghezze focali maggiori di 6 metri, preferibilmente intorno ai 30 metri; quando uno spazio ha una profondità sufficiente, le proprietà spaziali possono essere sfruttate per migliorare l'esperienza rimuovendo le barriere visive. Limitare le altezze delle partizioni a 1 metro fornirà barriere spaziali consentendo agli occupanti seduti di vedere attraverso uno spazio. La vegetazione e gli elementi naturali dovrebbero sfruttare una linea guida simile: i limiti di altezza dei singoli elementi dipenderanno dal terreno e da come lo spazio viene maggiormente vissuto (per esempio, seduti, in piedi, in bicicletta).
- Individuare vani scala lungo il perimetro dell'edificio con facciata in vetro e pareti interne del vano scala sempre in vetro, può costituire una condizione di doppia prospettiva.
- Quando sono presenti soffitti alti, il perimetro o gli spazi interni elevati di 30-45 cm miglioreranno la condizione di prospettiva.
- La qualità della vista e l'equilibrio tra prospettiva e rifugio saranno più importanti delle dimensioni o della frequenza dell'esperienza stessa.

12. RIFUGIO

Lo scopo principale del pattern di rifugio è fornire agli utenti un ambiente facilmente accessibile e protettivo che supporti la rigenerazione; inoltre, si cerca di limitare l'accesso visivo allo spazio del rifugio. Considerazioni progettuali derivanti da queste analisi sono:

- Gli spazi rifugio interni sono generalmente caratterizzati da un soffitto ribassato. Per gli spazi con soffitto di altezza standard, si può ottenere un senso di rifugio circa 45 cm sotto il soffitto principale attraverso trattamenti come un intradosso, un controsoffitto, pannelli acustici o tessuti sospesi.
- Per spazi esterni o interni con soffitti particolarmente alti (maggiore di 4 metri), potrebbe essere necessario un differenziale più drastico per ottenere il risultato desiderato. Le nicchie autoportanti o vegetative e le strutture a soppalco sono spesso efficaci.
- Quando si progetta per popolazioni più numerose o per più tipi di attività, fornire più di un tipo di spazio rifugio può soddisfare esigenze diverse, che spesso possono essere soddisfatte attraverso differenti dimensioni spaziali, condizioni di illuminazione e grado di occultamento.
- I livelli di luce negli spazi rifugio dovrebbero differire dagli spazi adiacenti e la possibilità di controllo dell'illuminazione da parte dell'utente amplierà la

funzionalità dello spazio rifugio.

Il tredicesimo punto si pone l'obiettivo di progettare un ambiente funzionale che incoraggi l'esplorazione in modo da supportare la riduzione dello stress e la rigenerazione cognitiva. Le considerazioni progettuali che aiuteranno a creare una condizione qualitativa di mistero si possono configurare nel fatto che:

- I bordi curvi che si rivelano lentamente sono più efficaci degli angoli acuti per attirare e guidare le persone attraverso uno spazio.
- Le ombre suggestive possono accrescere l'esperienza di mistero.
- Le strategie che forniscono ombre scure o una ridotta profondità di campo potrebbero suscitare sorpresa o paura non apprezzate.
- La velocità con cui gli utenti transitano in uno spazio influenzerà sia la dimensione del diaframma che la dimensione del soggetto; più veloce è il passaggio, più grande sarà la dimensione del soggetto.
- Si prevede che le condizioni di mistero evolute organicamente (per esempio, giardini a bassa manutenzione con percorsi tortuosi) cambieranno le caratteristiche nel tempo. Questi cambiamenti dovrebbero essere monitorati in quanto possono sia aumentare la condizione di mistero, che degradarla, in quanto si evolve in una condizione a sorpresa (per esempio, la crescita eccessiva delle piantagioni porta all'oscuramento della profondità di campo).

Nell'ultimo punto presentato, l'obiettivo è suscitare l'attenzione e la curiosità, stimolare la memoria e le capacità di risoluzione dei problemi. Risulta importante integrare nel progetto un grado di rischio adeguato all'utilizzatore. Considerazioni per la progettazione che aiuteranno a creare una condizione di rischio/pericolo di qualità:

- Gli interventi di progettazione del rischio/pericolo sono generalmente abbastanza deliberati e come tali non saranno appropriati per tutti i gruppi di utenti o di luoghi.
- Le strategie di progettazione che si basano sulle condizioni spaziali saranno più facili da implementare se incorporate già nella progettazione concettuale e nelle fasi schematiche del processo di progettazione.
- L'elemento di sicurezza deve proteggere l'utente da eventuali danni pur consentendo l'esperienza del rischio.

Tutti questi pattern e le rispettive considerazioni pratiche per la progettazione diretta degli spazi sono risultati molto utili, soprattutto in una fase preliminare del progetto urbanistico e architettonico. Iniziare la fase di sketch e di concept conoscendo e cercando di applicare quanto visto in questa prima parte di questo capitolo ci ha permesso di approcciare nel giusto modo alla progettazione totale dell'edificio, senza la necessità di dover adattare le considerazioni viste ad una fase iniziale di progetto totalmente estranea ai principi della biofilia.

13. MISTERO

14. RISCHIO/PERICOLO

14 PATTERN	*	RIDUZIONE DELLO STRESS	PRESTAZIONI COGNITIVE	EMOZIONI, UMORE E PREFERENZE
NATURA NELLO SPAZIO	Connessione visiva con la natura	* * * Abbassamento della pressione sanguigna e della frequenza cardiaca (Brown, Barton & Gladwell, 2013; van den Berg, Hartig, & Staats, 2007; Tsunetsugu & Miyazaki, 2005)	Miglioramento del coinvolgimento mentale/attenzione (Biederman & Vessel, 2006)	Impatto positivo su atteggiamento positivo e felicità generale (Barton & Pretty, 2010)
	Connessione non visiva con la natura	* * Riduzione della pressione sanguigna sistolica e degli ormoni dello stress (Park, Tsunetsugu, Kasetani et al., 2009; Orsega-Smith, Mowen, Payne et al., 2004; Hartig, Evans, Jamner et al., 2003; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991)	Impatto positivo sulle prestazioni cognitive (Mehta, Zhu & Cheema, 2012; Ljungberg, Neely, & Lundström, 2004)	Miglioramento percepito della salute mentale, tranquillità (Li, Kobayashi, Inagaki et al., 2012; Jahncke, et al., 2011; Tsunetsugu, Park, & Miyazaki, 2010; Kim, Ren, & Fielding, 2007; Stigsdotter & Grahn, 2003)
	Stimoli sensoriali non ritmici	* * Impatto positivo sulla frequenza cardiaca, pressione sanguigna sistolica e attività del sistema nervoso simpatico (Kahn et al., 2008; Li, 2010; Park, Tsunetsugu, Ishii et al., 2008; Beauchamp, et al., 2003; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991)	Misure comportamentali osservate e quantificate di attenzione ed esplorazione (Windhager et al., 2011)	
	Variabilità termica e del flusso d'aria	* * Impatto positivo su comfort, benessere e produttività (Heerwagen, 2006; Tham & Willem, 2005; Wigö, 2005)	Miglioramento della concentrazione (Hartig et al., 2003; Hartig et al., 1991; R. Kaplan & Kaplan, 1989)	Aumento del piacere spaziale e temporale (Alliestesia) (Parkinson, de Dear, & Candido, 2012; Zhang, Arens, Huizenga & Han, 2010; Arens, Zhang & Huizenga, 2006; Zhang, 2003; de Dear & Brager, 2002; Hescong, 1979)
	Presenza d'acqua	* * Riduzione dello stress, aumento della sensazione di tranquillità, riduzione della frequenza cardiaca e della pressione sanguigna (Pheasant, Fisher, Watts et al., 2010; Alvarsson, Wiens, & Nilsson, 2010; Biederman & Vessel, 2006)	Miglioramento della concentrazione e rigenerazione della memoria (Alvarsson et al., 2010; Biederman & Vessel, 2006) Miglioramento della percezione e della reattività psicologica (Alvarsson et al., 2010; Hunter et al., 2010)	Preferenza di luogo e reazioni emotive positive (Windhager, 2011; Barton & Pretty, 2010; White, Smith, Humphries et al., 2010; Karmanov & Hamel, 2008; Biederman & Vessel, 2006; Ruso & Atzwanger, 2003; Heerwagen & Orians, 1993; Ulrich, 1983)
	Luce dinamica e diffusa	* * Impatto positivo sul funzionamento del ritmo circadiano (Beckett & Roden, 2009; Figueiro, Brons, Plitnick et al., 2011) Aumento del comfort visivo (Elyezadi, 2012; Kim & Kim, 2007)		
	Connessione con i sistemi naturali			Miglioramento della salute e cambiamento della percezione dell'ambiente (Kellert et al., 2008)
ANALOGHI NATURALI	Forme e pattern biomorfici	*		Preferenza visiva del luogo (Vessel, 2012; Joye, 2007)
	Connessione materiale con la natura		Diminuzione della pressione arteriosa diastolica (Tsunetsugu, Miyazaki & Sato, 2007) Miglioramento delle prestazioni creative (Lichtenfeld et al., 2012)	Miglioramento del comfort (Tsunetsugu, Miyazaki & Sato 2007)
	Complessità e ordine	* * Risposte allo stress percettivo e fisiologico con impatto positivo (Salingaros, 2012; Joye, 2007; Taylor, 2006; S. Kaplan, 1988)		Preferenza visiva del luogo (Salingaros, 2012; Hägerhäll, Laike, Taylor et al., 2008; Taylor, 2006; Hägerhäll, Purcella, & Taylor, 2004)
NATURA DELLO SPAZIO	Prospettiva	* * * Riduzione dello stress (Grahn & Stigsdotter, 2010)	Riduzione di noia, irritazione, affaticamento (Clearwater & Coss, 1991)	Maggiore comfort e sicurezza percepita (Herzog & Bryce, 2007; Wang & Taylor, 2006; Petherick, 2000)
	Rifugio	* * * Migliore concentrazione, attenzione e percezione di sicurezza (Grahn & Stigsdotter, 2010; Wang & Taylor, 2006; Petherick, 2000; Ulrich, Simons, Losito et al., 1991)		
	Mistero	* * Induzione di una forte risposta di piacere (Biederman, 2011; Salimpoor, Benovoy, Larcher et al., 2011; Ikemi, 2005; Blood & Zatorre, 2001)		
	Rischio/Pericolo	* Aumento della dopamina o del piacere (Kohno et al., 2013; Wang & Tsien, 2011; Zald et al., 2008)		

Fig. 3.2. 14 pattern della progettazione biofilica © Terrapin Bright Green LLC 2014 (2023)

3.5. IL RUOLO DELLA NATURA E LA TEORIA DELLA RISTORAZIONE

Il rapporto tra l'uomo e la natura è sempre stato estremamente importante in tutta la storia dell'architettura. Al giorno d'oggi, però, l'uomo tende a vivere in un mondo fortemente costruito e il rapporto con il mondo naturale è andato man mano a perdersi. Per questo, uno degli obiettivi dei moderni progettisti è quello di garantire il maggior numero di spazi verdi, in modo da permettere questa riconnessione anche in ambienti urbani e molto antropizzati.

Questa riconnessione è fondamentale anche dal punto di vista del benessere psicologico. Nel 1984, l'epidemiologo Roger Ulrich ha condotto una ricerca nella quale ha affermato che l'interazione dell'individuo con l'ambiente naturale ha un ruolo nel recupero dallo stress psicofisiologico ed è rigenerante per i processi cognitivi e affettivi dell'essere umano.

Sulla base delle ipotesi sull'effetto della natura sulla mente umana e sui suoi processi, sono state sviluppate due teorie: la *Stress Reduction Theory* e l'*Attention Restoration Theory*.

La teoria della riduzione dello stress, teorizzata da Ulrich nel 1991, ipotizza che l'individuo tende a cercare ambienti biofilici e naturali in risposta ad una condizione di stress fisico, psichico e comportamentale. L'effetto di riduzione dello stress risulta più evidente se il rapporto con la natura è diretto: integrare all'interno di un edificio elementi naturali aiuta a diminuire i livelli di stress percepiti e, di conseguenza, si riducono i livelli di ansia.⁹⁹

La teoria della rigenerazione dell'attenzione, invece, postulata da Kaplan e Kaplan nel 1989, è volta a evidenziare la capacità di ambienti con caratteristiche rigenerative di ristorare le risorse attentive di chi li abita. La semplice visione di spazi naturali procura un effetto positivo sul recupero della memoria di lavoro e delle facoltà attentive. Garantire la vista verso esterni verdi o, se non possibile, utilizzare immagini che rimandano ad ambienti naturali, è fondamentale in ambienti in cui si svolgono attività che richiedono alti livelli di concentrazione.¹⁰⁰

STRESS REDUCTION
THEORY

ATTENTION
RESTORATION THEORY
(ART)

3.6. PROSSEMICA E AFFOLLAMENTO

La prossemica è una disciplina che studia le disposizioni nello spazio degli individui e le implicazioni psicologiche che queste comportano. Tutte le indagini si basano sull'idea che l'uomo, attorno a sé, abbia una "bolla" che si espande e si riduce in base alle attività che deve svolgere e allo stato psicologico in cui si trova.¹⁰¹

Nel 1963, l'antropologo Edward T. Hall avviò uno studio che ha poi portato alla definizione di quattro tipologie principali di distanze interpersonali:

- Distanza intima (compresa tra 0 e 60 cm): contatto che si riserva a persone con cui si ha un legame emotivo stretto (familiari e partner) o in casi in cui si svolgono sport fisici. Il tatto prevale come metodo di comunicazione, tendendo ad abbassare il tono della voce. L'invasione di questo spazio può comportare sensazioni di disagio e scatenare reazioni di difesa.
- Distanza personale (compresa tra 60 e 120 cm): contatto che è riservato a coloro che ci sono familiari, riflette il livello di comfort e familiarità tra due individui. Il canale verbale è il principale canale di comunicazione. La violazione di questo spazio può essere considerata da alcuni individui come

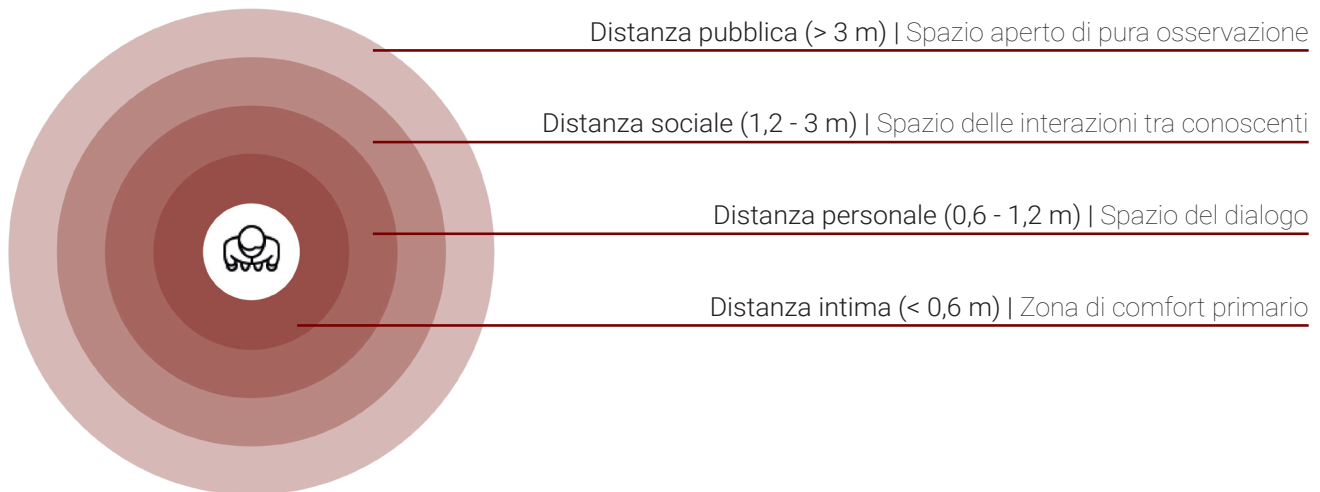
99 Nunzi, L. (2022). *Progettazione biofilica, rigeneratività ambientale e benessere psicologico: Uno studio in realtà virtuale*. Università degli Studi di Padova, pp. 10-11.

100 Ivi, pp. 11-13

101 Costa (2013), p. 35

positiva, poiché è interpretato come un segno di amicizia o di apertura, mentre in altre persone può generare disagio.

- Distanza sociale (compresa tra 120 e 300 cm): contatto riservato alle interazioni tra conoscenti o in situazioni in cui il grado di familiarità con l'interlocutore non è particolarmente elevato; il linguaggio del corpo e la comunicazione non verbale hanno un ruolo fondamentale in queste interazioni. Questa distanza può variare in base alla cultura e al contesto in cui ci si trova.
- Distanza pubblica (oltre 300 cm): questa distanza viene utilizzata per interazioni in contesti ampi come conferenze, discorsi pubblici ed eventi; a causa dell'ampia distanza, si tende ad accentuare tutti i comportamenti non verbali per rendere più chiara la comunicazione.



La tendenza a creare una distanza interpersonale adeguata nasce, quindi, dalla necessità di evitare l'iperstimolazione sensoriale e cognitiva. Le norme che regolano le distanze interpersonali identificate dalla prossemica si possono applicare in molti campi, tra cui anche l'architettura.

All'interno di un edificio, è possibile lavorare su determinanti fisiche ed ambientali per influenzare lo spazio personale. Ad esempio, in stanze con il soffitto basso bisogna garantire maggiore spazio interpersonale al singolo utente rispetto alle stanze in cui sono presenti soffitti alti (maggiori di 300 cm). Inoltre, più sono ridotte le dimensioni in pianta di una stanza, maggiore è la necessità di spazio personale degli utenti che la vivono e la abitano quotidianamente.

Anche la posizione all'interno dell'area influenza la "bolla" che l'uomo ha attorno a sé: se ci si trova in un angolo della stanza si tende a mantenere distanze maggiori rispetto a quando ci si trova al centro; quando si è seduti, gli spazi personali aumentano e si tende a stare più distanti dagli altri rispetto a quando si sta in piedi.

Anche la luce ha una forte influenza sulle distanze interpersonali: in condizione di luce piena, le distanze interpersonali tendono ad essere maggiori rispetto a quelle in condizioni di semioscurità. Per progettare un luogo che favorisca gli incontri, occorre quindi pensare ad un'illuminazione ridotta con punti luce contrastanti e uno sfondo diffuso di penombra.

Esistono poi delle determinanti architettoniche che influenzano la percezione di affollamento, come:¹⁰²

- Soffitti bassi aumentano la soglia di percezione del sovraffollamento.
- Stanze con angoli curvi sono percepite come più affollate.
- Stanze rettangolari sembrano meno affollate di quelle quadrate.

Fig. 3.3. La prossemica: il modello di Edward Hall - Estratto della tavola "Psicologia architettonica | Introduzione" - Rif. tav. 4

¹⁰² Ivi, pp. 45-48

- La presenza di numerose finestre riduce la sensazione psicologica di affollamento.
- Stanze con colori chiari risultano essere meno affollate rispetto a stanze con le medesime dimensioni ma con colori scuri.
- Edifici che si sviluppano maggiormente in altezza danno una sensazione di maggiore affollamento rispetto a edifici che si sviluppano in orizzontale.
- Utilizzo di pareti divisorie, scaffali e paratie riducono la sensazione di affollamento.

Garantire degli spazi interpersonali adeguati in base all'attività che l'utente deve svolgere in un determinato spazio risulta quindi essere fondamentale per favorire atteggiamenti positivi e stimolanti.

3.7. LINEE CURVE E RETTE

Quando si progetta uno spazio basandosi sulle teorie della psicologia architettonica, si devono considerare anche i parametri legati alla conformazione e alla dimensione dello spazio, poiché grazie a questi principi è possibile direzionare l'attenzione e far sentire a proprio agio gli utenti che abitano l'ambiente. In particolare, l'utilizzo di forme morbide e curvilinee tende a rappresentare e ricondurre il pensiero a forme naturali; al contrario, forme rigide e squadrate tendono a rendere l'ambiente più spigoloso e ostile.

Se l'obiettivo di un ambiente è stimolare la creatività e la socialità, quindi, si tenderà ad utilizzare linee curve e morbide. Se l'obiettivo - invece - è stimolare l'attenzione e la concentrazione su azioni ripetitive e mnemoniche, come lo studio o la scrittura, risulta essere preferibile progettare ambienti caratterizzati da forme e linee più rigide. È inoltre importante cercare di sviluppare un'alternanza di spazi caratterizzati da volumi e conformazioni differenti al fine di stimolare la curiosità esplorativa. In un ambiente eterogeneo dal punto di vista volumetrico, funzionale e spaziale, l'utente è più propenso all'esplorazione, alla ricerca di nuovi stimoli e nuove sensazioni date dall'alternarsi di queste caratteristiche.

Risulta necessario - però - porre molta attenzione nella progettazione di questi luoghi al fine di evitare la sovrastimolazione e la sensazione di pericolo e insicurezza dovuta all'alternarsi troppo repentino di spazi con caratteristiche diametralmente opposte tra di loro.

Stimolare la curiosità dell'utente, soprattutto in uno spazio pubblico come quello di un centro culturale, è di fondamentale importanza sia per i frequentatori quotidiani che per quelli sporadici. Trovare il giusto compromesso è comunque fondamentale, soprattutto in una fase preliminare del progetto architettonico e dell'arredo interno.

3.8. IL RUOLO DEL COLORE

L'utilizzo di colori ha degli effetti più intensi e riconoscibili rispetto a quelli generati dalle linee. Per esempio, le variazioni cromatiche hanno un forte impatto sull'umore e un'importante influenza sulle decisioni e sugli atteggiamenti, in particolare in luoghi pubblici e affollati. Attraverso la misurazione delle pulsazioni, della pressione, della frequenza respiratoria e della sudorazione, numerosi esperimenti neuroscientifici hanno dimostrato come le sensazioni che vengono suscitate dai colori sono simili per tutti gli individui, indipendentemente dalla cultura; questa percezione, - però - può variare a seconda di fattori puramente soggettivi, come ricordi e stati d'animo.¹⁰³

Dosare la quantità di colori e la loro distribuzione all'interno di un ambiente è

¹⁰³ Romanello, I. (2002). Il colore espressione e funzione. Milano: Hoepli, p. 10.

quindi di fondamentale importanza: un'eccessiva presenza di colori può creare ambienti iperstimolanti, ideali solo se si tratta di luoghi di passaggio come corridoi o spazi distributivi con il compito di richiamare l'attenzione e indirizzare l'utente verso gli altri spazi dell'edificio. Questo aspetto risulta essere utile anche in situazioni di emergenza: l'utilizzo di colori accesi attira l'attenzione e guida gli utenti verso le vie di fuga. Ambienti totalmente monocromatici risultano, invece, ipostimolanti.

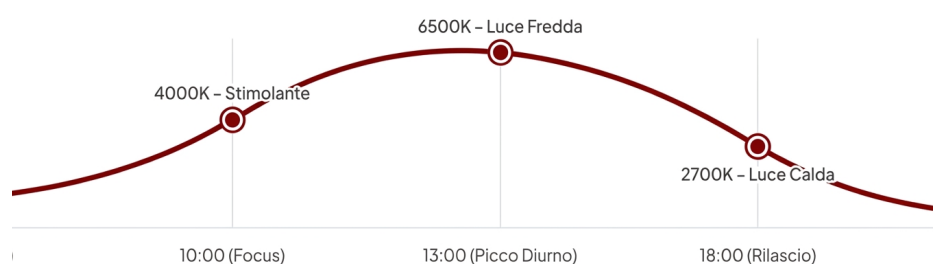
Tendenzialmente, i colori freddi e tenui producono un effetto calmante ma, a volte, anche deprimente. Invece, l'utilizzo di colori caldi, vividi e brillanti ha un'influenza stimolante ed eccitante e il loro utilizzo è consigliato nei casi in cui la priorità è quella di catturare l'attenzione dell'osservatore.

I colori luminosi e desaturati sono percepiti come amichevoli e tenui, attivando i processi sociali; colori desaturati ma poco luminosi e più scuri sono invece percepiti come seri e professionali.

3.9. IL RUOLO DELLA LUCE

L'illuminazione ha un impatto profondo e spesso molto sottovalutato sulla psiche umana. Essa - infatti - influenza l'umore, le emozioni ed il benessere generale. In base alla risposta emotiva che si vuole ottenere, strettamente connessa all'attività che si svolge nello spazio, si può scegliere una luce più calda o più fredda. La prima, con tonalità tendenti al giallo, crea un'atmosfera accogliente e rilassante; la seconda - al contrario - è più stimolante e aumenta la concentrazione e l'energia, risultando più opportuna per gli ambienti lavorativi.

Progettare un'illuminazione dinamica che varia a seconda del momento della giornata in cui ci si trova permette di regolare al meglio il ritmo circadiano. Questo è il nostro "orologio biologico" interno che gestisce i ritmi fisiologici, biochimici e comportamentali sulla base del ciclo luce-buio, influenzando il sonno, la veglia, la temperatura corporea e la produzione di ormoni. Per esempio, durante le prime ore della giornata, può essere più utile avere un'illuminazione energizzante per favorire il risveglio, mentre la sera è preferibile favorire il



rilassamento con luce più calda e morbida.

3.10. IL RUOLO DEL RUMORE

Un ulteriore elemento da considerare e regolare è il rumore e gli effetti che provoca sulla concentrazione e sulla percezione dello spazio. L'esposizione a suoni intensi tende ad inficiare la capacità di recuperare informazioni dalla memoria ed influenza negativamente l'umore, aumentando i livelli di stress nell'organismo, soprattutto in casi in cui il rumore è fuori controllo ed imprevedibile; inoltre, il rumore ostacola il consolidamento in memoria di informazioni ed incrementa la fatica all'ascolto, diminuendo notevolmente la concentrazione. Infine, ha importanti impatti anche sulle relazioni interpersonali e i rapporti tra individuo e comunità.¹⁰⁴

Fig. 3.4. Ciclo circadiano e temperatura della luce - Estratto della tavola "Psicologia architettonica | Temi principali" - Rif. tav. 5

104 Ivi, pp. 240-242

Non tutti i rumori sono - però - negativi. Ci sono alcuni casi in cui si ricerca un determinato suono per stimolare l'utente e per mascherare rumori fastidiosi, come quelli derivanti dall'attivazione degli impianti. Un caso particolare è quello dei centri commerciali e dei supermercati, nei quali si utilizzano sinfonie di sottofondo non troppo ritmate per stimolare l'utente a camminare più lentamente e, di conseguenza, ad acquistare di più.¹⁰⁵

Il controllo del rumore, così come la progettazione attenta e consapevole di tutto ciò che circonda l'utente, dalla luce al colore, risulta essere fondamentale per non creare effetti negativi sulla psiche e sulle prestazioni richieste a seconda dello spazio.

3.11. AMBIENTI OSPEDALIERI

3.11.1. INTRODUZIONE

L'importanza dell'influenza dell'ambiente negli spazi di cura inizia a prendere piede già nella seconda metà dell'Ottocento, grazie all'infermiera inglese Nightingale che cerca di comprendere l'importanza di un ricovero e di una degenza in un ambiente non patogeno. Presenza di luce naturale, aria fresca e spazi adeguati sono aspetti su cui si comincia a porre molta attenzione, oltre ad un'efficacia della centralizzazione funzionale degli ambienti.¹⁰⁶

Progressivamente, grazie anche ad un sempre più importante sviluppo tecnologico, questa attenzione è stata tradotta in ottimizzazione delle funzioni e degli spazi per macchinari ed operatori. Tutto ciò ha portato a trascurare il vero utente ospedaliero: il paziente. Per questo, nel corso del '900, si inizia a parlare di "umanizzazione degli spazi di cura", definita dall'architetto Fiorella Spinelli come *"una prassi terapeutica che porta a guardare al malato senza prescindere dalla sua integrità di persona, incentivandone il ruolo partecipativo e attivo all'iter terapeutico e alla struttura sociale dell'ospedale"*.¹⁰⁷

3.11.2. LE RICERCHE PER L'UMANIZZAZIONE

Dal secolo scorso ad oggi, sono state condotte diverse ricerche di carattere esigenziale, con l'intento di riportare il benessere delle persone al centro della progettazione. L'obiettivo è stato quello di comprendere le esigenze di tutti gli utenti che si relazionano con un ambiente di cura, partendo dai pazienti per arrivare fino agli accompagnatori e al personale che vi lavora. In Italia, nel 2001 è stata promossa dall'allora ministro della sanità Umberto Veronesi, una di queste ricerche per la realizzazione di un nuovo modello di ospedale. Dalle analisi sono emersi 10 principi base: il primo è proprio quello dell'umanizzazione degli spazi di cura, mentre per ultimo si tiene conto dell'innovazione tecnologica, sia degli edifici che dei macchinari sanitari.

Il quadro esigenziale è stato in seguito approfondito in uno studio condotto dai professori del Politecnico di Torino Romano Del Nord e Gabriella Pedretti: *"L'umanizzazione degli spazi cura - Linee guida"*, pubblicato dal Ministero della Salute nel 2012.

Nell'approccio esigenziale di queste ricerche sono stati definiti i profili degli utenti, non solo come persone, ma considerando la loro condizione di fruitori di una struttura sanitaria. I pazienti sono chiaramente posti al centro di queste ricerche, che però tengono trasversalmente in considerazione anche accompagnatori e personale sanitario.

¹⁰⁵ Ivi, pp. 245-246

¹⁰⁶ Biolchini, E. (2019). *Indagine sul reparto di Oncologia Pediatrica dell'Istituto Giannina Gaslini di Genova*. Politecnico di Torino.

¹⁰⁷ Bellini, E., Bocci, P., Fossati, R., Spinelli, F. (1994). *Lo spazio terapeutico. Un metodo per il progetto di umanizzazione degli spazi ospedalieri*. Firenze, Allinea Editrice, p. 70.

IL QUADRO ESIGENZIALE

Definiti i profili sono state redatte una serie di classi esigenziali, sulla base di quanto espresso dagli utenti; a loro volta, diversi tipi di pazienti portano con sé diverse esigenze specifiche, le quali vanno a comporre il quadro di riferimento per ogni utente al fine di umanizzare i luoghi di cura.

BENESSERE PSICO-EMOTIVO

Per quanto riguarda gli utenti più fragili e sui quali è stata posta la maggiore attenzione per queste ricerche, l'applicazione dei quadri esigenziali si sviluppano in un concreto benessere psico-emotivo che *"è connesso alla positiva reazione psicologica ed emotiva dell'individuo in relazione alle condizioni endogene, caratteristiche proprie della sua unicità e specificità, ed esogene, caratteristiche dell'ambiente circostante"*.¹⁰⁸

L'ambiente delle strutture socio-sanitarie è generalmente fonte di stress per gli utenti, a causa della presenza di fattori ambientali che influenzano in modo negativo il comfort psicologico. Si tratta di fattori come il rumore, la luce, odori sgradevoli e/o temperature eccessive che aumentano il livello di stress negli utenti più fragili, stanchi o malati, influenzandoli fisicamente. In questi utenti è stato - infatti - riscontrato un aumento della pressione sanguigna, del battito cardiaco, degli stati d'ansia e depressione; tutto ciò ha provocato un aumento del tempo di permanenza in ospedale e dell'assunzione di medicinali.¹⁰⁹

FRUIBILITÀ

La fruibilità è da intendersi come l'insieme delle condizioni che permettono l'utilizzo adeguato di spazi, arredi e attrezzature. Non riguarda solo l'eliminazione di barriere fisiche, che rappresentano un ostacolo diretto all'utilizzo, ma anche il comfort ed l'intuizione dello spazio. È quindi necessario estendere il concetto di "barriera architettonica", ormai universalmente compreso e normato, con il più ampio concetto di "barriera cognitiva".

PERSONALE SANITARIO

Il personale sanitario è particolarmente soggetto a condizioni di stress lavoro-correlato, provocate dalle condizioni di lavoro fisiche e psicosociali con cui deve interfacciarsi. L'esposizione a queste condizioni può portare al calo della produttività, ad atteggiamenti di assenteismo e all'allontanamento dal lavoro, oltre che ad effetti negativi sulla salute fisica individuale come affaticamento, mal di testa, ansia e depressione, complice anche l'elevata responsabilità a cui sono soggetti. È emerso che il *burnout*, ossia uno stato di esaurimento psico-fisico, risultato di una cronica insoddisfazione per le condizioni lavorative, sia particolarmente comune in questo campo, soprattutto tra gli infermieri. Un carico lavorativo eccessivo, orari notturni, condizioni ambientali sfavorevoli e situazioni di sovraccarico possono generare stress e influenzare la salute del personale, aumentando il rischio di errori.

Il benessere lavorativo è quindi fondamentale per il personale sanitario poiché contribuisce a ridurre lo stress e a migliorare la sicurezza dei pazienti. Ad esso sono correlate, nello specifico, le seguenti categorie esigenziali composte da: benessere fisico, mentale, ambientale e psico-emotivo.

BENESSERE OCCUPAZIONALE

La categoria del benessere occupazionale comprende tutti quei bisogni impliciti ed espliciti che riguardano la possibilità di prevenire o contrastare lo stress lavorativo. Promuovere condizioni di rigenerazione da stati di stress (*restoration*) aumenta la resilienza individuale allo stress lavoro-correlato, migliorando il benessere e la salute dell'operatore. Il concetto di *restoration* è fondamentale nella riduzione della fatica mentale e nel recupero dell'attenzione. È dimostrato da studi sperimentali che questo aspetto influenzi positivamente la qualità del lavoro e, in questo caso, la sicurezza dei pazienti. Soluzioni applicabili possono essere, ad esempio la riduzione del *turnover*, il supporto sociale e *gender-related*, l'integrazione ed il mantenimento dell'identità culturale individuale.¹¹⁰

108 Del Nord, R., Pedretti, G. (2012). *L'umanizzazione degli spazi di cura – Linee guida*, Ministero della Salute.

109 Ulrich, R. S., Gilpin, L. (2003). *Healing arts: Nutrition for the soul*, pp. 117-146.

110 Berto, R. (2003). *Nuove prospettive nella preferenza ambientale: l'aspetto ristorativo dei luoghi*, in Baroni M.R., Falchero S., *Psicologia ambientale e dintorni*, CLEUP, Padova, pp. 43-49.

In letteratura, i rischi a cui il personale è sottoposto sono generalmente suddivisi in due macro categorie: rischi fisici - di natura radiologica, chimica, biomeccanica, biologica - e rischi psico-fisici. I rischi psico-fisici influenzano gli aspetti organizzativo-gestionali del lavoro ed i loro contesti ambientali e sociali. Alcuni di questi aspetti esigenziali trovano una risposta diretta in ulteriori ricerche sviluppate per migliorare il benessere degli utenti all'interno dei luoghi di cura.

3.11.3. L'IMPORTANZA DEL CONTROLLO DELLO SPAZIO DEL PAZIENTE

Il controllo si riferisce alla capacità reale o percepita di gestire le proprie azioni.¹¹¹ Le persone che sentono di avere il controllo di eventi e situazioni intorno a sé sono in grado di controllare ed affrontare meglio lo stress. Al contrario, una mancanza di controllo provoca un senso di impotenza con effetti negativi come depressione, riduzione delle prestazioni cognitive, aumento di pressione nel sangue, incremento dei livelli di ormoni dello stress e alterazioni nel sistema immunitario. Rumore ed illuminazione non gestibili sono anch'esse condizioni ambientali fonte di stress.

La stessa esigenza di privacy analizzata in precedenza per gli utenti è valevole anche per i pazienti e risulta essere legata a una condizione di controllo sulla propria situazione. Gran parte dello stress legato all'ospedalizzazione deriva dalla perdita di controllo dello spazio, che si traduce in perdita di privacy, del controllo spazio-temporale, di autonomia e difficoltà di orientamento in ambienti complessi come gli ospedali.¹¹²

Al fine di restituire questo senso di controllo ai pazienti, in America e in Europa si è iniziata a seguire una filosofia chiamata *Plantree*, grazie alla quale i pazienti possono accedere alla propria cartella clinica e determinare gli orari di risveglio, in modo che non sia più forzato, come nella maggior parte dei casi, quindi fonte di stress.

Un importante aspetto per aiutare a recuperare un senso di controllo su sé stessi, a fronte di situazioni stressanti, è quello della "fuga temporanea". Per esempio, l'apertura di finestre su un esterno florido e la presenza di aree verdi possono favorire questa sensazione, con il ripristino ed il *coping*. Questa pratica è composta dall'insieme di strategie mentali e comportamentali utilizzate da operatori e pazienti per gestire lo stress e le situazioni ad alto impatto emotivo.¹¹³ È però fondamentale che pazienti ed operatori possano agevolmente accedere ai luoghi attraverso soluzioni di design che facilitino il *wayfinding* e siano privi di barriere architettoniche.¹¹⁴

3.11.4. L'IMPATTO DELLA LUCE SUL BENESSERE DEL PAZIENTE

La luce è un elemento fondamentale per la vita umana: influenza non solo le attività quotidiane, ma anche la psicologia e la fisiologia. Studi hanno dimostrato che un accurato studio della luce negli ambienti ospedalieri può ridurre la depressione, diminuire la stanchezza, regolare i ritmi circadiani e persino aiutare nel trattamento di condizioni patologiche come l'ittero neonatale, una condizione caratterizzata dalla colorazione giallastra della pelle e dei bulbi oculari, causata dalla degradazione dei globuli rossi nel sangue e alla maturazione epatica.¹¹⁵

111 Gatchel, R. J., et al. (1989). *An Introduction to Health Psychology*. Random House

112 Ulrich, R. S., Gilpin, L. (2003)

113 Del Nord, R., Pedretti, G. (2012)

114 Carpmann, J., Grand, M. (1993). *Wayfinding: A Broad View*, in R. Bechtel, A. Churchman (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, New York: John Wiley & Sons.

115 Anjali, J., (2006). *The Impact of Light on Outcomes in Healthcare Settings*. The Center for Health Design.

La luce naturale, favorendo il rilascio di serotonina, favorisce concentrazione, soddisfazione e positività all'interno dei luoghi di lavoro. Inoltre, la luce naturale fornisce uno spettro completo di tonalità, mentre la luce artificiale è composta da lunghezze d'onda concentrate in aree limitate dello spettro visibile. Quindi, la luce artificiale, pur essendo superiore a quella naturale in termini di compiti visivi, non offre gli stessi vantaggi di quella naturale circa la regolazione dei ritmi circadiani e la salute umana generale come l'influenza positiva sull'umore e la facilità di assorbimento diretto per le reazioni chimiche del corpo. La radiazione luminosa viene assorbita direttamente dal corpo attraverso la pelle, stimolando reazioni chimiche nel sangue e nei tessuti.

Negli ambienti ospedalieri la luce artificiale viene variata in base alle prestazioni necessarie. Infatti, l'attivazione della ghiandola pineale provoca la soppressione della melatonina, il cui livello determina lo stato di stanchezza o di allerta. Una luce artificiale insufficiente nel luogo di lavoro può alterare la naturale soppressione o produzione di melatonina, causando cambiamenti d'umore, sonnolenza e depressione¹¹⁶. In uno studio condotto nel 1998 sono stati definiti sette obiettivi per l'illuminazione: comfort psicologico, aspetto e gradevolezza dell'ufficio, salute generale, salute visiva, aspetto cromatico di persone e arredi, prestazioni lavorative e lavori che richiedono osservazione fine.

La luce, l'abbagliamento e il comfort termico possono influenzare direttamente l'umore delle persone. In generale, un'ottimizzazione dell'uso della luce naturale negli ambienti di cura è possibile attraverso scelte strategiche come:

- Fornire finestre con diverse esposizioni per una maggiore illuminazione e ridurre il rischio di abbagliamento.
- Orientare le stanze per massimizzare l'esposizione al sole del primo mattino.
- Valutare l'adeguatezza dei livelli di illuminazione nelle aree di lavoro del personale.
- Utilizzare alti livelli di illuminazione per compiti visivi complessi.

Fig. 3.5. Vista sul giardino dell'ospedale di Bolzano

116 Edwards, L., Torcellini, P. (2002). *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*. Golden: National Renewable Energy Laboratory.



3.11.5. GLI STIMOLI DELLA NATURA E DEL PAESAGGIO SUL PAZIENTE

Un numero crescente di studi evidenzia che la creazione di ambienti che richiamano la natura favorisce il benessere emotivo degli individui. Tra questi Roger Ulrich ha dimostrato che la visione della natura, anche semplicemente attraverso opere d'arte, riduce lo stress e suscita stati d'animo positivi. Parallelamente Rachel Kaplan ha rilevato che aperture affacciate su ambienti naturali, anziché industrializzati, porti i lavoratori ad avere una visione più ottimistica della vita e ad avere livelli di stress significativamente minori. Come detto in precedenza, la connessione con la natura favorisce quella "fuga temporanea", che permette di fare brevi pause mentali, migliorando la concentrazione e la produttività.

Inoltre, un ambiente urbano risulta spesso sovrastimolante ed è stato osservato come l'esposizione alla natura riduca la frequenza cardiaca, la tensione muscolare e la pressione sanguigna¹¹⁷. Sempre più studi dimostrano che la presenza di giardini ben progettati in ambienti ospedalieri abbia un ruolo benefico su pazienti ed operatori, che sfruttano questi luoghi per alleviare efficacemente lo stress, beneficio riscontrabile già dopo 5 minuti di permanenza in questi spazi.¹¹⁸ Un ulteriore studio condotto su pazienti affetti da Alzheimer ha dimostrato una risposta positiva diretta, fisica e psicologica, con una conseguente riduzione dei farmaci a seguito di circa 10 minuti a contatto con elementi naturali.

I successi raggiunti grazie a questi "giardini curativi" sono raggruppabili nei seguenti aspetti:

- Sostegno sociale: gli utenti sono incentivati al dialogo con altre persone, alla condivisione e ad una maggiore apertura al supporto, ricostruendo la fiducia in sé stessi e favorendo la guarigione.
- Senso di controllo e distrazioni positive: grazie alla "fuga temporanea" favorita dall'ambiente, si è in grado di recuperare e migliorare condizioni di stress. Alle distrazioni positive dell'ambiente naturale possono essere aggiunte musica, arte e la presenza di animali.¹¹⁹
- Attività ricreative: l'impegno in attività ricreative in un ambiente naturale aiuta ad allontanarsi da fattori di stress, riducendo notevolmente la fatica mentale.¹²⁰
- Esercizio: l'esercizio fisico può diminuire lo stress, la pressione sanguigna e la depressione, rafforzando il corpo e la mente, specialmente le funzioni di cuore, polmoni e sistema nervoso.¹²¹

Gli studi sui dati fisiologici hanno ulteriormente supportato che la natura, rispetto agli ambienti costruiti, è più efficace nel regolare l'attività del sistema nervoso simpatico, che è responsabile della risposta allo stress, riducendone gli effetti negativi.

117 Westphal, J. M. (2003). *A reflection on the role of the landscape architect in American health-care delivery*. Landscape Research 28, vol. 2. pp. 205-206.

118 Cooper, C., Marcus, M., Barnes, M. (1995). *Gardens in healthcare facilities: Uses, therapeutic benefits, and design recommendations*, Center for Health Design.

119 *Ibidem*

120 Kaplan, R. (1993). *The role of nature in the context of the workplace*, Landscape and Urban Planning.

121 Ulrich, R. (1999). *Effects of gardens on health outcomes: Theory and research*. Healing gardens, New York: John Wiley & Sons.

3.11.6. LA DIMENSIONE DELLO SPAZIO DOMESTICO

Nel campo della medicina palliativa sono stati condotti numerosi studi sull'influenza che l'ambiente possiede sulla promozione di uno stato di benessere nei pazienti affetti da malattie terminali. Queste ricerche hanno dimostrato come uno spazio favorevole promuova, tra le altre cose, anche la condivisione del percorso con i familiari. Tra le caratteristiche ambientali fondamentali per promuovere questo obiettivo è emersa l'importanza della continuità con l'ambiente domestico.

Questo punto rientra tra le linee guida definite da Del Nord e Peretti per l'umanizzazione degli spazi di cura ed - in particolare - gli studi condotti hanno portato a individuare soluzioni preferibili come la scelta di realizzare camere singole piuttosto che doppie che migliorano la comunicazione tra paziente e medico ed influenzano positivamente il giudizio di pazienti ed accompagnatori rispetto all'assistenza sanitaria ricevuta. Inoltre, questa scelta permette di ridurre il rumore percepito, diminuire le infezioni e migliorare la privacy, il senso di sicurezza ed avere un maggiore controllo sull'ambiente circostante.

Sono stati sviluppati modelli di design specifici e studiati ad hoc, per avvicinarsi ad arredi più domestici, continuando a rispondere alle esigenze della cura sanitaria¹²². Inoltre, i pazienti spesso si trovano spaesati e disorientati all'interno dell'ambiente ospedaliero sia in senso fisico, sia sociale. Anche per questo, realizzare uno spazio che fornisca maggiore familiarità con l'ambiente, come è per quello domestico, agevola la percezione di controllo e diminuisce lo stress, attraverso soluzioni come la variazione degli arredi, la disposizione di sedute con diverse conformazioni in base al grado di socialità e aggregazione. In questo modo si consente al paziente di gestire autonomamente il grado di relazione sociale e comodità che desidera o a cui si sente pronto.

Gli aspetti di ambiente domestico risultano meno impattanti sul personale sanitario, il quale spende molto tempo all'interno di questi spazi che diventano parte della quotidianità, sviluppando un certo grado di insensibilità a queste disposizioni.¹²³

Fig. 3.6. Meggi's center Oldham © Alex de Rijke

122 Brown, K. K., Gallant, D. (2006). *Impacting patient outcomes through design*.

123 Bonaiuto et al. (2004), p. 64



3.12. AMBIENTI LAVORATIVI

Nel contesto dell'architettura degli uffici, gli aspetti psicologici giocano un ruolo cruciale nella determinazione del benessere e della produttività dei lavoratori. La progettazione degli spazi di lavoro deve considerare vari fattori psicologici, che spaziano dalla percezione dello spazio e dell'ambiente circostante alla gestione delle emozioni e delle interazioni sociali. L'introduzione di elementi architettonici e ambientali che stimolino il benessere psicologico può tradursi in un aumento significativo della performance lavorativa.

La psicologia architettonica si concentra sulla relazione tra gli individui e l'ambiente costruito, studiando come le caratteristiche degli spazi influenzano il comportamento umano. In ambito lavorativo, l'ambiente fisico non solo influisce sul comfort fisico, ma anche sullo stato emotivo, sulla motivazione e sull'efficienza lavorativa. La scelta di materiali, colori, forme e layout degli spazi influisce direttamente sul benessere psicologico dei dipendenti. Ad esempio, l'uso di colori caldi o naturali può stimolare la creatività e il senso di calma, mentre colori troppo accesi o saturi possono generare stress o ansia.

L'interazione tra l'individuo e l'ambiente architettonico, e come quest'ultimo modula la percezione di comfort e benessere psicologico, è una tematica centrale nelle neuroscienze applicate all'architettura. Fattori come la luce naturale, il rumore ambientale e la disposizione degli spazi sono determinanti nella creazione di un ambiente di lavoro favorevole alla produttività.

3.12.1. SINDROME DELL'EDIFICIO MALATO

La sindrome dell'edificio malato (*Sick Building Syndrome - SBS*) è un disturbo che colpisce le persone che lavorano in ambienti chiusi, come uffici, scuole o ospedali, e che presenta sintomi quali mal di testa, affaticamento, irritazioni agli occhi e alla gola, nausea e difficoltà respiratorie.¹²⁴ I sintomi di questa sindrome sono spesso collegati a condizioni ambientali insalubri all'interno degli edifici, tra cui una ventilazione inadeguata, l'accumulo di sostanze chimiche (come composti organici volatili - VOC), la presenza di umidità e la mancanza di luce naturale.

Le cause principali di SBS includono la scarsa qualità dell'aria interna, che può derivare da sistemi di ventilazione obsoleti o mal progettati, che non consentono un flusso d'aria adeguato. In uffici con finestre non apribili o in ambienti che non ricevono abbastanza luce naturale, l'esposizione continua a luce artificiale e a spazi scarsamente ventilati può compromettere il benessere fisico e mentale degli occupanti. L'impatto psicologico di queste condizioni è considerevole. Il disagio fisico causato dalla qualità dell'aria e dall'ambiente inquinato non solo influisce sulla salute, ma provoca anche stress psicologico, riducendo la motivazione e la concentrazione.¹²⁵ Alcuni studi hanno dimostrato che l'aria di scarsa qualità è correlata all'aumento del livello di stress nei lavoratori e una diminuzione della loro efficienza.¹²⁶ Inoltre, il disagio visivo causato dalla scarsa illuminazione, soprattutto nelle aree di lavoro senza accesso alla luce naturale, può peggiorare la sensazione di fatica e di malessere. La mancanza di una buona illuminazione non solo influisce sulla visione, ma ha anche un impatto negativo sul ritmo circadiano, inducendo disturbi del sonno e alterando i ritmi fisiologici del corpo umano.¹²⁷

Le soluzioni per prevenire o ridurre i rischi legati alla sindrome dell'edificio

124 Redlich, C. A., Sparer, J., & Cullen, M. R. (1997). *Sick-building syndrome*.

125 World Health Organization. (1984). *Indoor air pollutants: exposure and health effects*.

126 Redlich, C. A., Sparer, J., Cullen, M. R. (1997) *Sick-building syndrome*. pp. 1013-1016.

127 Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C. M., Gonzales, K., & Rea, M. S. (2017). *The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers*. pp. 204-215.

malato includono l'adozione di un'adeguata ventilazione e l'utilizzo di materiali non tossici per la costruzione degli edifici. L'integrazione di sistemi di purificazione dell'aria, l'introduzione di piante da interno che migliorano la qualità dell'aria e l'uso di luce naturali attraverso finestre ampie e illuminazione artificiale a spettro completo possono ridurre significativamente i sintomi della SBS e migliorare il benessere degli occupanti.

Il comfort ambientale rappresenta una delle dimensioni fondamentali per il benessere neuropsicologico in ambito lavorativo. Tra i fattori più studiati emergono la qualità dell'illuminazione, l'esposizione al rumore e la qualità dell'aria. Questi elementi non solo influenzano la salute fisica, ma incidono direttamente su aspetti cognitivi come la concentrazione, la memoria di lavoro e la capacità decisionale.

3.12.2. IL RUOLO DELLA LUCE

Ambienti lavorativi scarsamente illuminati, o illuminati in modo artificiale non calibrato, sono associati a un aumento della sonnolenza diurna, difficoltà di concentrazione e calo delle performance cognitive. L'orientamento degli spazi, la dimensione delle finestre, la presenza di schermature regolabili e l'uso di tecnologie LED *circadian-friendly* rappresentano soluzioni progettuali efficaci.

Inoltre, la luce diurna ha un effetto positivo sulla produzione di serotonina, con benefici sull'umore e sulla motivazione¹²⁸. Per questi motivi, il design degli uffici dovrebbe prevedere un'esposizione ottimale alla luce solare, combinata con sistemi di illuminazione artificiale adattivi. Questi sistemi simulano le variazioni di illuminamento durante il corso della giornata, allineando il ritmo dei lavoratori con quello dell'ambiente esterno.

3.12.3. IL RUOLO DEL RUMORE

Il rumore ambientale è una delle principali fonti di distrazione cognitiva nei luoghi di lavoro, specialmente in ambienti open space. La presenza di suoni intermittenti o non prevedibili – come conversazioni altrui, squilli telefonici o rumori di macchinari – può aumentare il carico mentale e compromettere la memoria di lavoro.¹²⁹

Il cervello, in presenza di stimoli sonori indesiderati, attiva risposte fisiologiche simili a quelle generate dallo stress, tra cui aumento della frequenza cardiaca e della produzione di cortisolo¹³⁰. L'esposizione prolungata a rumore di fondo, anche a basse intensità, è correlata a una riduzione della produttività, in particolare per compiti che richiedono concentrazione prolungata.

L'uso di pannelli fonoassorbenti, moquette, pareti mobili acustiche e postazioni "quiet-zone" rappresentano interventi fondamentali per mitigare gli effetti negativi del rumore, migliorando così il comfort acustico percepito e la qualità del lavoro.

3.12.4. FATTORI DI INFLUENZA

Oltre a luce e rumore, altri fattori ambientali che influenzano significativamente le prestazioni cognitive e il benessere psicofisico sono:

- Temperatura: una temperatura percepita come troppo calda o troppo fredda riduce la concentrazione e provoca disagio. Il range ottimale per

128 *Ibidem*

129 Jahncke, H. et al. (2011). *Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration*, Journal of Environmental Psychology. pp. 373-382.

130 *Ibidem*

attività cognitive è tra 21°C e 24°C.¹³¹

- Qualità dell'aria: la concentrazione di CO₂, VOC e la ventilazione influiscono direttamente sulle funzioni cerebrali superiori. Ambienti con aria viziata riducono la capacità di prendere decisioni complesse e aumentano il senso di affaticamento mentale.
- Umidità: livelli estremi (sotto il 30% o sopra il 70%) possono causare secchezza o irritazione, incidendo sul benessere e sul comfort sensoriale.

L'integrazione di sensori ambientali intelligenti, in grado di monitorare costantemente questi parametri e regolarli in tempo reale, rappresenta un'evoluzione tecnologica di grande impatto sul piano della salute neuropsicologica nei luoghi di lavoro.

3.12.5. DESIGN OPEN SPACE: OPPORTUNITÀ E CRITICITÀ

Il design open space è una delle soluzioni architettoniche più diffuse nel panorama degli ambienti di lavoro contemporanei. Questo approccio si è evoluto nel tempo, rispondendo alle necessità di ottimizzare gli spazi, ridurre i costi, e promuovere una cultura aziendale aperta e collaborativa.¹³² Tuttavia, sebbene l'open space abbia mostrato numerosi vantaggi dal punto di vista organizzativo, non è esente da problematiche, specialmente quando si considerano gli aspetti psicologici, sensoriali, ed ergonomici.

Il design open space offre numerosi vantaggi che si riflettono positivamente sia sulla dinamica lavorativa che sull'ambiente sociale dell'ufficio, tra cui:

- Promozione della comunicazione e collaborazione. Un aspetto fondamentale degli spazi open space è la facilitazione della comunicazione tra i membri del team. L'assenza di barriere fisiche consente l'interazione spontanea tra colleghi, agevolando lo scambio di idee e la risoluzione rapida dei problemi. La possibilità di avvicinarsi rapidamente ad un collega per discutere un progetto o scambiare opinioni può aumentare significativamente la produttività e favorire l'emergere di nuove idee attraverso il *brainstorming* informale.
- Flessibilità e adattabilità. Gli uffici open space sono generalmente progettati per essere facilmente adattabili alle diverse esigenze aziendali. Con l'adozione di arredi modulari, postazioni di lavoro regolabili e aree multifunzionali, è possibile modificare facilmente l'organizzazione degli spazi in base alle necessità di progetto o alla crescita dell'organizzazione. Questa flessibilità favorisce la gestione dinamica dell'ambiente lavorativo, creando una sinergia tra le risorse e i compiti che può migliorare la produttività complessiva.
- Ottimizzazione degli spazi e riduzione dei costi. L'open space consente di ottimizzare l'utilizzo dello spazio disponibile, riducendo la necessità di costruire muri divisorii e abbattendo i costi legati alla manutenzione di uffici privati o di piccole stanze. La razionalizzazione degli spazi riduce anche i costi energetici, grazie all'uso centralizzato dei sistemi di illuminazione e riscaldamento. In un mondo aziendale sempre più attento alle risorse economiche, l'open space rappresenta un'ottima soluzione per contenere i costi operativi.

Nonostante i vantaggi, l'open space presenta anche alcuni svantaggi legati a disturbi ambientali, problemi di privacy e difficoltà psicologiche che vanno attentamente considerati per evitare che i lavoratori sperimentino sensazioni di stress o disagio.

VANTAGGI DEGLI SPAZI OPEN SPACE

SVANTAGGI DEGLI SPAZI OPEN SPACE

131 O. Seppänen, W. J. Fisk, Q. H. Lei, *Effect of temperature on task performance in office environment*, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006, pp. 957-973

132 De Croon, E., Sluiter, J., Kuijter, P. P., & Frings-Dresen, M. (2005). The effect of office concepts on worker health and performance: a systematic review of the literature. *Ergonomics*, 48(2), 119-134.

- Distrazioni e sovraccarico sensoriale. Uno dei principali svantaggi degli open space è la distrazione causata dai rumori. L'assenza di barriere fisiche rende difficile isolarsi dai rumori di fondo, come le conversazioni, le telefonate o il traffico all'interno dell'ufficio. Questi stimoli uditivi possono interferire con la concentrazione, portando a una riduzione della produttività, specialmente per chi svolge compiti cognitivi complessi che richiedono una alta concentrazione.

MANCANZA DI PRIVACY

Studi condotti da Jahncke hanno confermato che l'eccessiva esposizione a rumori ambientali riduce le capacità cognitive e aumenta il livello di stress nei lavoratori⁹. Inoltre, alcuni profumi o l'umidità non controllata possono contribuire a creare un ambiente scomodo e poco salutare.

La privacy è uno degli aspetti più problematici degli ambienti open space. La percezione di essere osservati o ascoltati può generare ansia e stress psicologico, compromettendo il benessere del lavoratore. L'assenza di barriere fisiche e l'esposizione a sguardi altrui può risultare particolarmente invasiva per chi svolge attività che richiedono riservatezza, come la gestione di informazioni sensibili o la scrittura di report confidenziali.

Secondo uno studio condotto da Kim e De Dear (2013), l'insoddisfazione legata alla privacy è uno dei principali fattori che riducono la soddisfazione complessiva dei lavoratori in uffici open space.¹³³

ISOLAMENTO SOCIALE E STRESS

Anche se gli open space favoriscono la comunicazione, non è raro che i lavoratori si sentano isolati socialmente. In spazi molto affollati, le persone potrebbero evitare le interazioni per non essere disturbate, portando a un senso di alienazione. La mancanza di zone di riposo personali o di spazi dedicati alla riflessione individuale può ridurre il benessere psicologico, rendendo difficile il recupero mentale durante le pause o dopo intense attività lavorative. Per ridurre il rumore e migliorare la concentrazione, molte aziende hanno adottato zone silenziose o cabine acustiche all'interno dell'open space. Questi spazi separati permettono ai lavoratori di isolarsi quando necessario, favorendo una maggiore concentrazione e produttività nelle attività che richiedono attenzione approfondita.

AREE SILENZIOSE E CABINE ACUSTICHE

Le cabine acustiche sono piccoli spazi privati, dotati di isolamento acustico, dove è possibile effettuare telefonate, partecipare a videoconferenze o dedicarsi a compiti ad alta concentrazione senza distrazioni. Inoltre, la personalizzazione di questi spazi (ad esempio, con una maggiore illuminazione o la possibilità di regolare la temperatura) aumenta il comfort individuale.

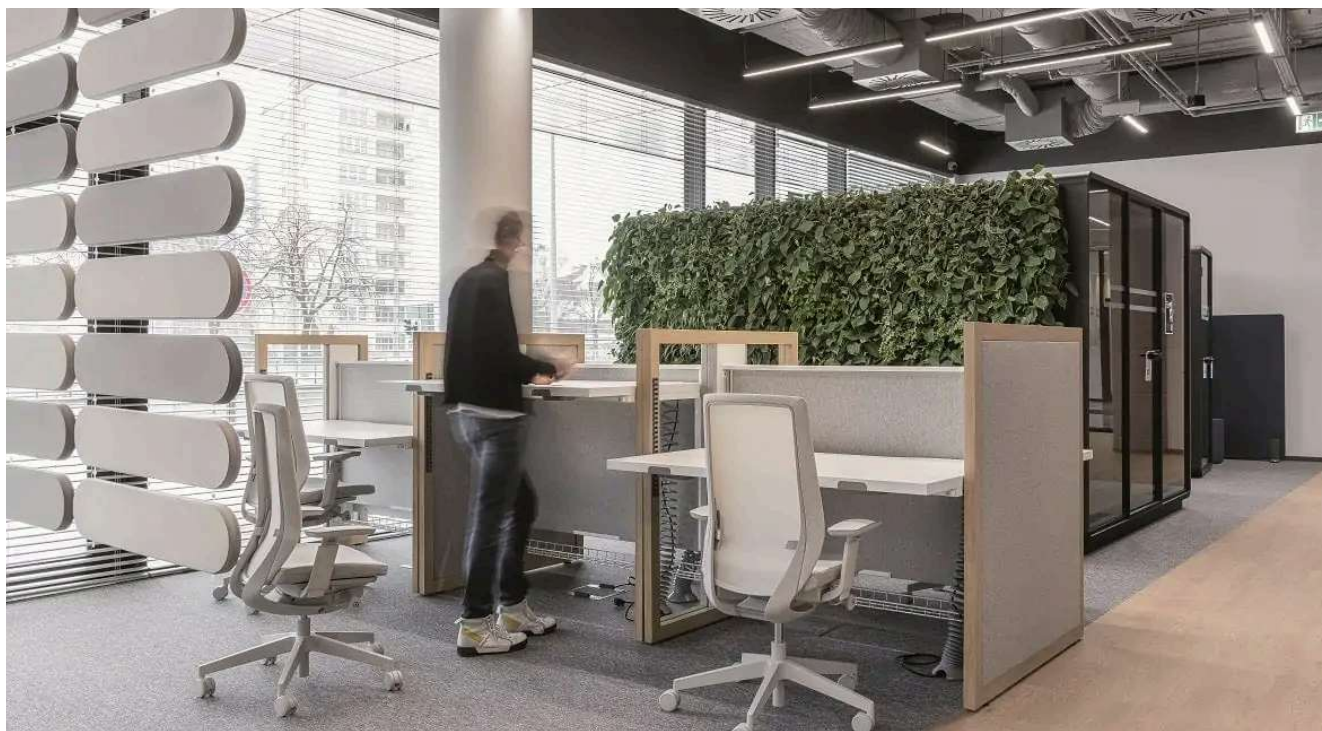
I sistemi avanzati di gestione ambientale, come il controllo centralizzato della temperatura, l'illuminazione intelligente e i sistemi di ventilazione automatizzati, sono essenziali per mantenere il comfort in spazi aperti. L'illuminazione regolabile, che consente ai lavoratori di adattare l'ambiente alle proprie necessità, migliora il benessere visivo e riduce la fatica oculare derivante da una luce artificiale intensa o mal distribuita.

FLESSIBILITÀ DELL'AMBIENTE

La possibilità di modificare facilmente la disposizione delle postazioni e di adattare le aree di lavoro in funzione dalle necessità lavorative rappresenta una delle soluzioni più promettenti. L'uso di mobili modulari e postazioni regolabili consente ai lavoratori di creare un ambiente su misura che favorisca sia la collaborazione che la privacy. La flessibilità spaziale aiuta anche ad affrontare le sfide legate alla crescita aziendale e alla variazione delle esigenze lavorative.

Le soluzioni progettuali che combinano flessibilità, privacy visiva e acustica, nonché la gestione ambientale dinamica, sono fondamentali per mitigare gli effetti negativi e migliorare la soddisfazione lavorativa. Solo un design equilibrato che rispetti le esigenze psicologiche ed ergonomiche dei lavoratori può garantire che gli uffici open space siano spazi produttivi e sani.

¹³³ Kim, J., de Dear, R. (2013). *Workspace satisfaction: The privacy-communication trade-off in open-plan offices*, Journal of Environmental Psychology. pp. 18-26.



3.12.6. PRIVACY E PARATIE

Studi condotti da Kim e de Dear (2013) hanno mostrato che, nei contesti open space, il calo di soddisfazione legato alla privacy è uno dei principali predittori di insoddisfazione complessiva per l'ambiente lavorativo.¹³⁴ Questo vale in particolare per mansioni che richiedono attenzione prolungata o attività cognitive complesse. Un elemento progettuale cruciale è rappresentato dalle paratie divisorie tra le postazioni. La loro altezza e opacità influenzano direttamente la percezione di privacy e il livello di distrazione. Ricerche condotte da Brennan et al. (2002) suggeriscono che paratie di altezza media (circa 120-140 cm) rappresentano un buon compromesso tra isolamento sensoriale e mantenimento della visibilità e accessibilità tra colleghi.¹³⁵

Paratie troppo basse o assenti favoriscono la comunicazione informale ma aumentano l'esposizione a stimoli visivi e uditivi indesiderati; paratie troppo alte, al contrario, possono generare isolamento sociale e ridurre la coesione del team. In questo contesto, una soluzione progettuale intermedia che ha dimostrato buoni risultati è rappresentata dalle paratie semitrasparenti. Queste strutture, realizzate in materiali come il vetro satinato, il policarbonato opalino o tessuti fonoassorbenti traslucidi, permettono il passaggio della luce e la percezione del movimento, ma attenuano il contatto visivo diretto tra le postazioni. Il risultato è una riduzione della sensazione di esposizione e, al contempo, il mantenimento della connessione spaziale tra colleghi, con benefici sia per la concentrazione che per l'inclusività.¹³⁶

Inoltre, il design semitrasparente consente una maggiore flessibilità estetica e simbolica, suggerendo confini flessibili anziché rigidi, e quindi più coerenti con modelli organizzativi collaborativi ma rispettosi della sfera individuale. È stato osservato che tali soluzioni sono particolarmente efficaci nei contesti creativi o nei coworking, dove è importante bilanciare l'identità personale con l'apertura relazionale.

¹³⁴ *Ibidem*

¹³⁵ Jahncke et al. (2011)

¹³⁶

Fig. 3.7. Esempio di organizzazione di spazi per uffici open space con paratie e cabine acustiche

3.13. AMBIENTI SCOLASTICI

3.13.1. INTRODUZIONE

Tra i primi studi che hanno posto in relazione psicologia e ambiente emergono teorie legate alle prime fasi educative dei bambini. La letteratura odierna, infatti, è sempre più ricca di esempi e ricerche che riguardano scuole materne, dell'infanzia e primarie, anche se iniziano ad esserci i primi esempi e le prime sperimentazioni su scuole medie, come l'*Ørestad Gymnasium* di Copenaghen.

KINDERGARTEN

Le teorie pedagogiche elaborate tra la fine dell'800 e l'inizio del secolo scorso, hanno tenuto in forte considerazione l'influenza che l'ambiente provoca sugli alunni. Tra queste, risulta essere di particolare interesse quella di Friedrich Fröbel, un pedagogo tedesco che si è concentrato sul simbolismo degli elementi educativi e sul promuovere il lavoro collettivo. In modo particolare, si deve a lui le nascite dei *kindergarten*, letteralmente "giardino dei bambini", dove - attraverso il rapporto con la natura - i bambini imparano importanti aspetti educativi. Questa teoria è stata poi ripresa, in parte, dalle sorelle Agazzi: esse la svilupparono ulteriormente, ponendo una maggiore attenzione non solo alla relazione con la natura, ma anche all'ambiente vissuto interno. Questi spazi sono in grado di sostenere e incentivare maggiormente la creatività e la collaborazione con gli adulti e trattati come se fossero degli ambienti familiari e domestici. Secondo questo modello pedagogico sono i bambini più grandi ad insegnare a quelli più piccoli.¹³⁷

Figura fondamentale in questo campo è sicuramente stata Maria Montessori, che con le sue teorie pedagogiche ha rivoluzionato non solo gli aspetti educativi, ma soprattutto il modo di concepire e progettare lo spazio all'interno di questi contesti, ponendo al centro l'utente - ossia il bambino - e creando spazi e oggetti adatti alle sue esigenze. Nella sua teoria, infatti, l'educazione è intesa molto più come individuale, le educatrici e l'ambiente sono considerati come strumenti a supporto del percorso conoscitivo del bambino.¹³⁸ Infine, in Italia hanno visto un'applicazione importante le teorie di Loris Malaguzzi, sviluppate

Fig. 3.8. Raffigurazione della Scuola Montessori 1932 a Barcellona

137 Lucentini, E. (1919). *Il metodo Montessori e il metodo Fröbel per l'educazione dell'infanzia*, P. Maglione & C. Strini. p. 82

138 *Ibidem*



attraverso il metodo ReggioChildren, di cui sono stati analizzati due casi studio specifici nel capitolo successivo: l'istituto per l'infanzia Diana e la scuola per l'infanzia di Gustalla.

I molteplici studi e teorie emersi nel corso degli anni hanno un comune punto di incontro nel comprendere come la relazione ambiente-apprendimento sia mediata da una serie di fattori: caratteristiche degli studenti, sociali e organizzative interne all'istituto. Lo scopo della psicologia architettonica applicata a tale genere di problematiche è, quindi, quello di identificare le condizioni entro le quali tutti gli elementi dell'ambiente si combinano in maniera tale da rendere più efficace il processo di apprendimento. Da ciò, Weinstein ha identificato 4 assunzioni di base relative allo studio dell'apprendimento e dell'ambiente fisico:

- L'ambiente fisico può facilitare o ostacolare l'apprendimento sia direttamente che indirettamente
- Gli effetti dell'ambiente fisico non sono universalmente validi, ma sono mediati dal contesto educativo e sociale al quale fanno riferimento
- Non esiste un ambiente per l'apprendimento migliore di altre, l'importante è che esso sia congruente con la metodologia di insegnamento utilizzata, con gli obiettivi della classe e con le caratteristiche degli studenti
- Il processo di apprendimento può essere ottimizzato quando l'ambiente fisico viene considerato tanto importante quanto altri aspetti come il curriculum dell'insegnante o la sua abilità nello svolgere il proprio lavoro.¹³⁹

Per comprendere in modo più chiaro come i diversi fattori influenzino lo studente, questi sono stati analizzati e valutati singolarmente alla luce degli studi presenti in letteratura.

3.13.2. IL RUOLO DELLA LUCE

In generale, per l'illuminazione di un'aula, si consigliano colori caldi (giallo, arancione, rosso e marrone) se l'illuminazione è fredda (al neon); mentre sono consigliati colori freddi (azzurro e verde) se l'illuminazione è calda (a incandescenza). Per la pavimentazione, sono consigliabili colori caldi non troppo chiari, mentre sono da evitare le superfici lucide o riflettenti per evitare l'abbagliamento.¹⁴⁰

Il fattore più importante nella scelta del colore di un'aula sembra essere l'assenza di contrasti, i quali attirano troppo l'attenzione, e di colori intensi, che possono stancare visivamente e psicologicamente. I diversi studi non hanno evidenziato se sia effettivamente preferibile un colore caldo o freddo, una scelta di questo carattere non sembra influire in modo significativo; al contrario, la scelta di colori spenti o neutri (grigi o neri) risulta influire in modo negativo; infatti, secondo gli studi le prestazioni calano in presenza di queste tinture, mentre sono maggiori in aule con colori brillanti.¹⁴¹ In un'analisi condotta da Pellegrini, risulta invece come alcuni colori promuovano comportamenti collaborativi, così come la disposizione degli arredi che verrà analizzata successivamente.

COLORI

L'interesse significativo per questo tema ha portato a diversi studi che, sebbene non possano fornire regole estremamente specifiche, offrono alcune linee guida utili.

- È fondamentale creare un'atmosfera piacevole e accogliente, capace di trasmettere calore e comfort.
- La scelta dei colori dovrebbe orientarsi verso tonalità chiare e brillanti,

¹³⁹ Bonaiuto, M., Bilotta, E., Fornara, F. (2004). p. 107

¹⁴⁰ Ivi, p. 110

¹⁴¹ Brown, G., Gifford, R. (2001). *Architects predict lay evaluations of large contemporary buildings: whose conceptual properties?*, Journal of Environmental Psychology. p. 309

poiché i bambini tendono a percepire gli spazi come più ampi e meno affollati. In generale, i colori caldi (come giallo, arancione, rosso e marrone) stimolano un'attivazione fisiologica, mentre i colori freddi (come azzurro e verde) favoriscono il rilassamento.

Inoltre, il colore deve essere considerato in relazione all'illuminazione: le due variabili, nel loro duplice ruolo decorativo e funzionale, sono interconnesse e influenzano le caratteristiche di un ambiente.

ILLUMINAMENTO

Dopo il dibattito sugli effetti negativi per la salute (come mal di testa e affaticamento agli occhi) causati dall'illuminazione al neon¹⁴², è stata sviluppata una nuova tipologia di illuminazione fluorescente, nota come "luce del giorno" o *daylight*, che emette uno spettro di luce simile a quello naturale, risultando gradevole e priva di effetti negativi sulla salute.

In relazione alla performance scolastica, alcuni studi hanno dimostrato che la luce naturale è la migliore¹⁴³ poiché produce effetti biologici positivi, come la sincronizzazione dei ritmi biologici e l'aumento di vitamina D e di melatonina.¹⁴⁴ Una ricerca condotta su bambini del primo anno di scuola primaria ha rivelato che l'uso di illuminazione fluorescente di tipo *daylight* riduceva maggiormente i comportamenti iperattivi rispetto a quella tradizionale¹⁴⁵. Risultati simili sono stati osservati in uno studio canadese¹⁴⁶ che ha evidenziato un decremento significativo nei movimenti dei grandi gruppi muscolari che controllano i movimenti, soprattutto nei neonati.

Si ipotizza che l'illuminazione fluorescente comune possa generare una maggiore attivazione rispetto a quella daylight. Questi aspetti sono stati studiati anche in relazione al comportamento di bambini con sintomi di iperattività e autismo¹⁴⁷, i quali hanno mostrato una maggiore frequenza di comportamenti ripetitivi in presenza di illuminazione fluorescente rispetto a quella incandescente.

Diversi studi hanno osservato che i colori caldi (giallo, arancione e rosso) sono associati a un incremento nei valori di pressione sanguigna, battiti cardiaci e respirazione, mentre i colori freddi causano un decremento (livelli alti con il nero, moderati con il blu, minimi con il verde). Tuttavia, l'evidenza che i colori freddi producano un effetto rilassante e quelli caldi un'attivazione non è sempre chiara, poiché spesso deriva da studi basati su misure soggettive e auto-riferite. Infatti, le prestazioni in test motori, di matematica e di lettura non mostrano variazioni significative quando i partecipanti si trovano in stanze con pareti rosse, blu o gialle¹⁴⁸, e risultati simili sono stati confermati anche in altri studi.¹⁴⁹

I risultati hanno evidenziato che tonalità di grigio e scarsa illuminazione generano un umore depresso in studenti e insegnanti, influenzando l'ambiente e il processo di apprendimento. Colori e illuminazione caldi nelle scuole primarie controbilanciano la natura estroversa dei bambini, mentre nei contesti delle

142 Veitch, J. A., Hine, D. W., Gifford, R. (1993). *End users' knowledge, beliefs, and preferences for lighting*, Journal of Interior Design.

143 Earthman, G. I. (2004). *Prioritization of 31 Criteria for School Building Adequacy*.

144 Heschong Mahone Group. (2003). *Windows and Classrooms: A study of student performance and the indoor environment*.

145 Mayron, L. W., Ott, J., Nations, R., Mayron, E. L. (1974) *Light, radiation, and academic behavior: Initial studies on the effects of full-spectrum lighting and radiation shielding on behavior and academic performance of school children*.

146 Munson, P., Ferguson, R. (1985). *The extra-visual effects of fluorescent illumination on the behavior of school children*.

147 Colman, R. S., Frankel, F., Ritvo, E., Freeman, B. J. (1976). *The effects of fluorescent and incandescent illumination upon repetitive behaviors in autistic children*.

148 Fehrman, K. R. (1987). *The effects of interior pigment color on school task performance mediated by arousal*, in *Dissertation Abstracts International*.

149 Rosenstein, L. D. (1985). *Effect of color of the environment on task performance and mood of males and females with high or low scores on the Scholastic Aptitude Test*, in *Perceptual and Motor Skills*.

scuole secondarie, i colori freddi favoriscono sia il rilassamento sia la capacità di concentrazione degli studenti.¹⁵⁰

3.13.3. IL RUOLO DEL RUMORE

La relazione del rumore con l'apprendimento è particolarmente complessa, essendo dipendente da numerosi fattori come le caratteristiche del suono, della persona, la natura del compito e la situazione.¹⁵¹

Dai molteplici studi realizzati il rumore risulta una maggiore distrazione per le donne, i soggetti introversi e coloro che sono impegnati in compiti complessi. Inoltre, si è notato come non sia solo l'esposizione diretta al rumore ad influire su una prestazione meno performante, ma anche come un'esposizione cronica possa influire sul funzionamento cognitivo anche sul lungo periodo; in generale gli effetti negativi del rumore sul rendimento scolastico aumentano in proporzione al tempo di esposizione. Per questo motivo le scuole esposte a rumori esterni possono adottare un'organizzazione interna che sistemi le aule nella parte opposta rispetto alla fonte sonora, utilizzando dei pannelli insonorizzati per le pareti.¹⁵²

Sono stati evidenziati quattro motivazioni principali a fondamento di questo¹⁵³:

- Se il rumore interferisce con la comunicazione dell'insegnante, lo studente può prendere appunti errati o incompleti e la ripetizione dell'argomento da parte dell'insegnante può portare a trattare un numero di temi inferiori a quelli previsti, causando delle lacune nell'apprendimento della materia.
- Il rumore può interferire con lo sviluppo delle strategie di apprendimento, portando lo studente ad avere e usare un metodo inadeguato di studio.
- Se il rumore non può essere controllato dallo studente, viene danneggiata la sua percezione di controllo personale.
- La percezione di rumore continuo contribuisce all'innalzamento della pressione sanguigna in modo semi-permanente.

3.13.4. IL RUOLO DELL'ARREDO

La disposizione dell'arredo ha un ruolo chiave nell'apprendimento degli studenti a partire dalla configurazione dei banchi che può favorire o ostacolare l'attenzione.

Un'aula incentrata sugli studenti li porta ad essere più motivati e coinvolti, ciò è realizzabile con soluzioni come:

- banchi a gruppi di due che favoriscono la collaborazione;
- la collocazione laterale della cattedra in un angolo, così che l'insegnante sia più portato a muoversi tra i banchi instaurando un rapporto meno formale e più interattivo;
- zone separate per attività differenti che consentano di svolgere attività specifiche in modo più efficiente ed organizzato.¹⁵⁴

Altri studi hanno dimostrato che, invece, una disposizione circolare sia l'ideale per risolvere problemi, incentivare il lavoro di gruppo e favorire la comunicazione diretta. Mentre, una disposizione a ferro di cavallo permetta un migliore contatto visivo con il relatore, che coordina il dialogo, senza influire negativamente sulla partecipazione attiva e l'interattività.

LA DISPOSIZIONE DEI BANCHI

150 Mahnke, F. (1996). *Color and the human response*, John Wiley & Sons.

151 Brown, G., Gifford, R. (2001).

152 Favretto, G., Fiorentini, F. (1999). *Ergonomia della formazione*, Carocci.

153 Cohen, S., Weinstein, N. (1981). *Nonauditory effects of noise on behaviour and health*.

154 Zifferblatt, S. M. (1972). *Architecture and human behaviour: Toward increased understanding of a functional relationship*.

OPEN CLASS

La soluzione dell'open class è un'organizzazione meno standardizzata, con spazi aperti senza divisioni reali, ma realizzate grazie all'arredo come librerie e scaffali. Ciò stimola la responsabilità e l'interazione sociale, andando però a generare rumore e maggiori distrazioni. Inoltre, si è dimostrato che i docenti si trovano particolarmente in difficoltà con questo tipo di conformazione.

TERZO INSEGNANTE

L'ambiente assunto come "terzo insegnante" si esprime soprattutto in relazione alla disposizione dell'arredo, che deve assecondare le attività e con la metodologia didattica adottata dall'insegnante, affinché esso sia effettivamente favorevole. In caso contrario, come si è studiato, un ambiente versatile può risultare controproducente all'apprendimento se non lavora in sinergia con gli altri "insegnanti".

3.13.5. DENSITÀ

La ricerca sulle dimensioni dell'ambiente scolastico e formativo fa riferimento principalmente alla densità, definita come una combinazione oggettiva tra spazio fisico e numero di persone. Questa si distingue tra densità sociale (variazione del numero di individui, mantenendo invariato lo spazio) e densità spaziale (variazione dello spazio, mantenendo invariato il numero delle persone¹⁵⁵). Tali rapporti devono rimanere entro determinati limiti stabiliti anche a livello legislativo, in quanto un numero eccessivamente alto di individui in un medesimo spazio può compromettere il loro benessere fisico, psichico e sociale.

Studi condotti sulle dimensioni delle aule mettono in risalto il fatto che, in generale, gli studenti mostrano maggiore soddisfazione e migliori prestazioni in aule più piccole, così come gli insegnanti, indipendentemente dal numero di persone all'interno. Per quanto riguarda le dimensioni dell'edificio scolastico, gli studenti di scuole di piccole dimensioni in genere si sentono maggiormente coinvolti e stimolati e, inoltre, partecipano ad un numero maggiore di attività.

Percepire un'alta densità genera spesso una condizione di disagio che si traduce in scarsa attenzione e diminuzione dell'apprendimento. Nello specifico una percezione di elevata densità spaziale provoca una diminuzione delle attività. Per le aule di formazione, è preferibile disporre gli arredi lungo le pareti per dare una sensazione di avere più spazio a disposizione.

155 Baroni, M. R. (1998). *Psicologia ambientale*, Il Mulino.

3.14. AMBIENTI MUSEALI

Anche gli ambienti museali hanno subito una trasformazione e uno studio psicologico approfondito nel corso degli anni, soprattutto dal secondo dopoguerra in poi. In particolare, nel 1948 l'ICOM (*International Council of Museums*) ha redatto normative e linee guida al fine di uniformare la progettazione di questi spazi, implementando i primi contributi di letteratura. Negli anni successivi si è passati sempre più rapidamente dal concetto di museo-tempio, in cui ai visitatori era concesso di "guardare ma non toccare", fino a giungere ai musei-laboratorio, nei quali si svolgono attività volte ad aumentare il bagaglio conoscitivo dell'utenza ("guardare e toccare").

Dagli anni Ottanta la ricerca si è concentrata principalmente sui movimenti dei visitatori all'interno dello spazio e sulla agevolazione di essi¹⁵⁶. In particolare, iniziano ad essere studiati fattori come la facilitazione di orientamento tra una sala e l'altra e le possibili organizzazioni e configurazioni dei percorsi in base alle opere esposte e alle esperienze garantite. Per esempio, potrebbe essere utile distribuire all'ingresso mappe di piccole dimensioni da portare con sé durante la visita, oltre che alla predisposizione di cartelli con chiare indicazioni¹⁵⁷. Questo permette al visitatore di avere maggiore consapevolezza e sicurezza dello spazio in cui si trova, permettendogli di poter esplorare le varie sale senza bisogno di chiedere aiuto e senza essere incanalato in percorsi obbligati predefiniti, migliorando l'esperienza di visita di tutti i tipi di utenza.

Esiste un filone di studi - chiamato *Visitor Studies* - che si occupa proprio di studiare i visitatori, un pubblico estremamente eterogeneo con interessi, conoscenze e caratteristiche molto diverse tra loro, con l'obiettivo di poter fornire un'esperienza museale di qualità per tutti. È fondamentale, quindi, conoscere con accuratezza i percorsi maggiormente seguiti durante la visita, il tempo totale impiegato a svolgerli e il tempo speso davanti ad ogni opera o durante un'esperienza laboratoriale. In secondo luogo è utile conoscere le caratteristiche del pubblico: diverse tipologie di utenza cercano diverse sensazioni durante la visita ed è importante calibrare gli spazi, i percorsi e le esperienze sulla base delle loro caratteristiche e delle loro preferenze.

156 Bitgood, S. (2002). *Environmental psychology in museums, zoos, and other exhibition centers*, in Bechtel, R. B., Churchman, A., *Handbook of environmental psychology*, John Wiley & Sons, New York 2002, pp. 465-469

157 Ibidem



Fig. 3.9. Esempio di elementi grafici per l'orientamento e il wayfinding all'interno di spazi museali

Fig. 3.10. Laboratorio didattico al museo Gypsotheca Antonio Canova





4. CASI STUDIO

4.1. SANATORIO DI PAIMIO

Il Sanatorio di Paimio è considerato uno dei primi esempi di architettura ospedaliera moderna, ancora attuale. Aalto percepiva questo edificio come “uno strumento medico” a cui applicare concetti architettonici al tempo rivoluzionari e, così facendo, ha progettato uno dei primi esempi di architettura sanitaria moderna.

Il complesso è formato da tre ali principali: una originariamente destinata ad accogliere i pazienti, una centrale - contenente la hall d'ingresso e i servizi comuni - e una per la cucina e il locale termico. Le tre ali condividono il piano interrato che ospita locali tecnici e di servizio.

L'ala per i pazienti è un volume di sette piani, con struttura in calcestruzzo armato, coronato da un solarium lungo quasi cento metri.

Tutte le stanze sono caratterizzate da una grande finestra affacciata a meridione che permette alla luce naturale di entrarvi.

Per garantire un continuo ricircolo di aria pulita, Aalto progettò un ingegnoso sistema di ventilazione naturale che sfruttava la differenza di pressione tra il primo e l'ultimo piano della costruzione. Il riscaldamento si irradia, quindi, partendo dal controsoffitto, in una porzione posta ai piedi del letto in modo che l'aerazione non crei mai correnti d'aria importanti. Le sale soggiorno e i terrazzi sono disposti in modo che il panorama sia sempre diverso e che il paziente possa scegliere liberamente tra ombra e sole.

Altro importante aspetto innovativo è l'introduzione del colore come contributo attivo alla terapia, attraverso l'alternanza di colori più freddi negli spazi comuni e toni più caldi nelle stanze di degenza. Questa scelta è derivata dagli studi che, in quegli anni, stavano prendendo piede proprio su questi temi e che hanno portato a evidenziare i principi "energizzanti" dei colori caldi e accesi.

Ambito: Ospedali

Localizzazione: Paimio, Finlandia

Progettista: Alvar e Aino Aalto

Anno: 1933

Dimensione: 13.000 mq

Numero di piani: 7

Fig. 4.1. Terrazza in copertura © Gustaf Welin, Alvar Aalto Foundation

Fig. 4.2. Hall di ingresso © Alvar Aalto Foundation





4.2. MEGGIE'S CENTRE

I Maggie's Centre nascono come luoghi informali e accoglienti, pensati per offrire conforto ai pazienti tra una terapia e l'altra. Si configurano come oasi di quiete in cui poter riflettere, condividere le proprie esperienze e trovare o offrire sostegno

La creazione di un ambiente umanizzato, domestico e informale è fondamentale, in questo contesto, per far sentire l'utente a casa, libero di esprimersi e recuperare la massima tranquillità.

I brief architettonici organizzati e definiti in fase preliminare, risultano differenti rispetto ai classici metodi di progettazione: sono, infatti, tralasciati gli aspetti più prettamente tecnici per concentrarsi sulle atmosfere e sulle esperienze spaziali che è necessario realizzare.

Il progetto di Leeds si articola in tre padiglioni, disposti lungo una spirale ascendente, attorno ad un nucleo centrale dove è collocato un ampio tavolo. Le aree comuni, delimitate sul perimetro da ampie vetrate, si alternano tra loro.

Il dialogo con la natura rappresenta il fulcro dell'intervento: in pianta gli angoli vengono smussati in favore di linee organiche, mentre la struttura nervata in legno si protende orizzontalmente verso l'esterno per sostenere i carichi della copertura. Quest'ultima ospita un rigoglioso giardino su livelli sfalsati, che si estende a sbalzo per riparare le aree comuni sottostanti. La connessione visiva e fisica garantita dalle ampie vetrate fa sì che gli spazi interni siano costantemente avvolti dal verde. Dall'esterno, i padiglioni appaiono come tre grandi vasi in cui la vegetazione autoctona, lasciata libera di crescere, sembra prendere il sopravvento sull'architettura.

L'edificio è dotato di due ingressi. Il principale, raggiungibile attraversando un percorso nel giardino, è preceduto da una panca: un dettaglio pensato per concedere al visitatore il tempo di riflettere e trovare il coraggio di varcare la soglia, rassicurato anche dalla trasparenza del perimetro vitreo che svela con delicatezza l'ambiente interno.

Ambito: Ospedali

Localizzazione: Leeds, Inghilterra

Progettista: Heatherwick Studio

Anno: 2020

Dimensione: 462 mq

Numero di piani: 2

Fig. 4.3. Ingresso © Hufton_Crow

Fig. 4.4. Area di sosta informale © Hufton Crow



Superato l'ingresso, l'altezza dei soffitti è volutamente contenuta per accogliere l'ospite senza risultare intimidatoria. Segue una zona di sosta inondata di luce naturale che permette di comprendere immediatamente l'assetto distributivo dello spazio. Tale orientamento è facilitato da un'articolata scala che conduce ai livelli superiori, delineando un ambiente aperto ma con funzioni ben definite.

Grande attenzione è stata dedicata al comfort ambientale e materico. L'uso di intonaci traspiranti e porosi migliora il benessere fisico, mentre la ventilazione naturale è ottimizzata dalla forma e dall'orientamento dei volumi. La luce naturale viene plasmata per risultare diffusa, calda e piacevole, armonizzandosi perfettamente con l'involucro ligneo.

Infine, i fulcri della vita del centro si collocano nei punti di intersezione tra i padiglioni, creando un sapiente equilibrio tra intimi spazi per il ritiro individuale e ambienti flessibili che incentivino la socializzazione e il confronto.

Fig. 4.5. Area ristoro informale ©
Hufton Crow



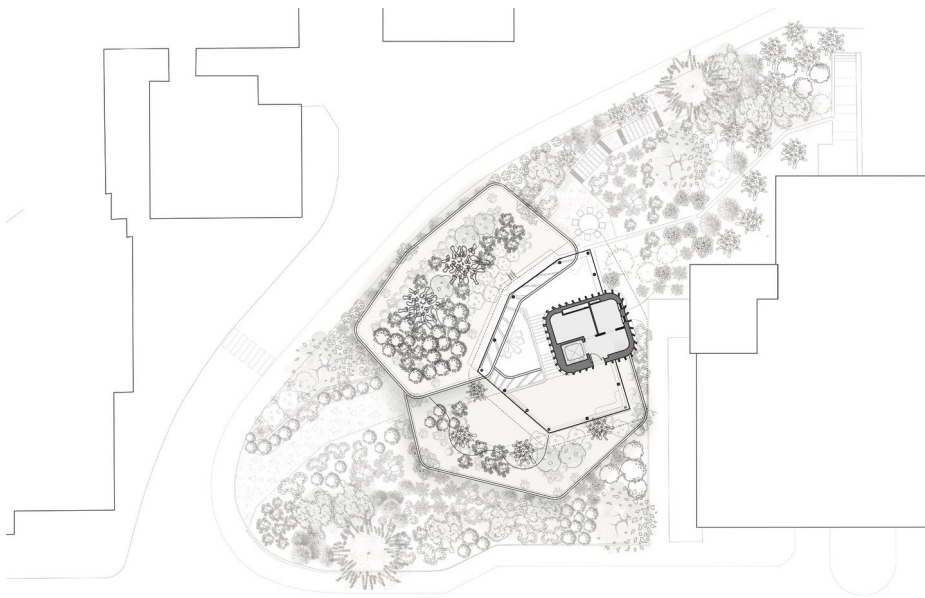
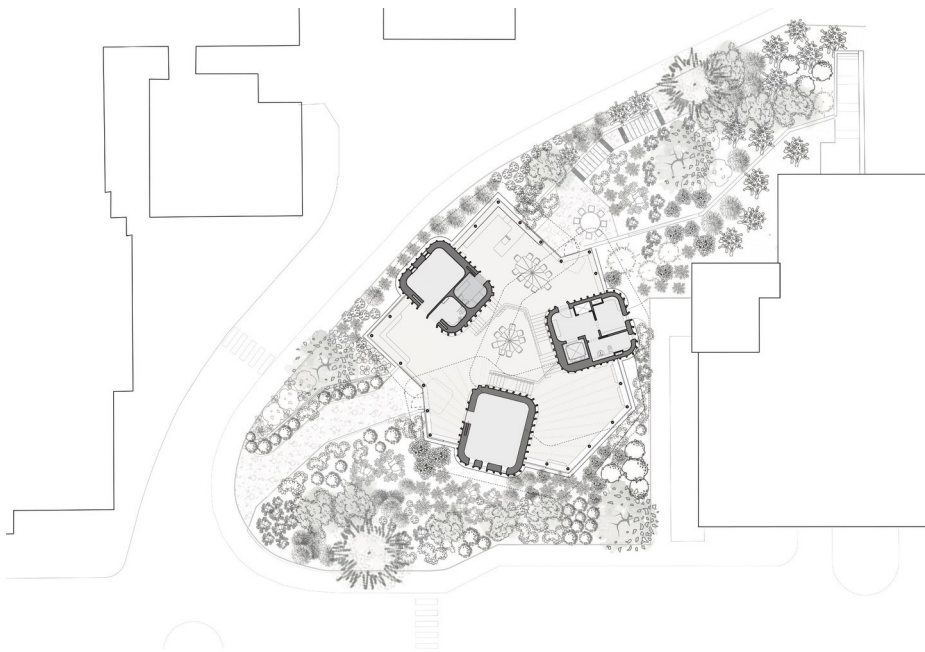


Fig. 4.6. Pianta piano terra
 Fig. 4.7. Pianta primo piano
 Fig. 4.8. Copertura



4.3. OSPEDALE DEI BAMBINI

Ispirato ai criteri di umanizzazione e psicologia ambientale, l'ospedale Pietro Barilla di Parma è un ottimo esempio ospedaliero moderno dedicato ai bambini. Il progetto si occupa di far fronte ad esigenze funzionali e sanitarie con l'attenzione ad aspetti psicologici e percettivi.

L'impianto distributivo consente l'organizzazione dei reparti di degenza per aree omogenee e per intensità di cura, nonché la massima fruibilità da parte degli utenti.

Gli aspetti sensoriali, l'efficienza e la funzionalità trovano tutte un punto di contatto nell'umanizzazione e nella qualità degli ambienti rispetto a luminosità, colore, suoni, facilità di orientamento, gestione della privacy e vivibilità degli spazi.

In generale, negli ambienti è stata effettuata un'analisi puntuale sulla psicologia ambientale per definirne i caratteri cromatici, tattili, sonori ed olfattivi più adatti.

La facciata, a doppio strato, è uno strumento che permette ai bambini di avere un contatto continuo con il contesto circostante. Le lamelle verticali colorate e la doppia pelle generano una zona tampone per permettere una ventilazione naturale, che migliora il clima interno ed il consumo energetico. I colori scelti rispecchiano quelli del contesto circostante e si modificano in modo dinamico in relazione al punto di vista dell'osservatore e alle condizioni di luce.

L'illuminazione interna è stata studiata diversamente in base alle attività specifiche, con l'accortezza di una porre una luce artificiale che fosse quanto più vicina a quella naturale per gli spazi di attesa, degenze, percorsi, luoghi di lavoro e ambulatori. Infatti, la luce ha un'influenza diretta sul percorso di cura a partire dal favorire il corretto ritmo circadiano, migliorando la qualità del sonno e tutti gli aspetti fisiologici che ne derivano. La sincronizzazione biologica supportata dalla luce influisce positivamente sulla regolazione del cortisolo (l'ormone dello stress) e stabilizza l'umore, offrendo un supporto neuropsicologico invisibile ma costante durante l'arco delle 24 ore.

Ambito: Ospedali

Localizzazione: Parma, Italia

Progettista: Paolo Brescia e Tommaso Principi

Anno: 2013

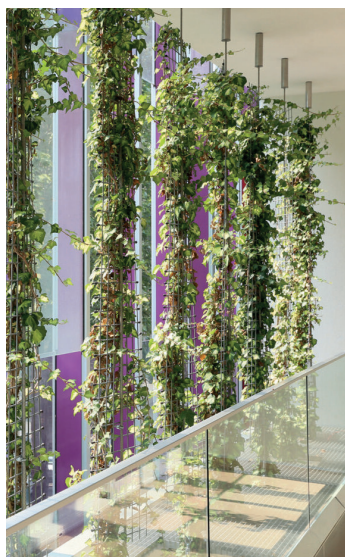
Dimensione: 12.300 mq

Numero di piani: 4

Fig. 4.9. Vista prospetto frontale © Policreo

Fig. 4.10. Hall d'ingresso © Policreo





L'aspetto acustico è stato valutato tramite la realizzazione di mappe acustiche, che individuano i luoghi più sensibili e predispongono dei sistemi di *sound masking*. Inquinamento acustico e rumori improvvisi sono tra i principali attivatori del sistema nervoso simpatico (reazione di attacco o fuga); attutire i picchi sonori e mascherare i rumori di fondo dei macchinari medici protegge la vulnerabilità emotiva del bambino, garantendo una dimensione di quiete psicologica.

Un'attenzione specifica è stata rivolta allo spazio di degenza, dove si è cercato di riproporre un ambiente quanto più possibile domestico, accogliente e rassicurante, favorendo la relazione con i genitori ed il gioco tra bambini, volontari e familiari. In generale, negli ambienti interni fornire agli utenti una sensazione di controllo migliora il comfort effettivo percepito; ciò è stato reso possibile anche grazie ad un'attenzione particolare all'arredo, che ha giocato un ruolo fondamentale. Insieme a colori tenui e rilassanti, le luci a Led regolabili consentono di mantenere questo senso di controllo, rilassato ed in accordo con il naturale ritmo circadiano.

Infine, la presenza di vegetazione lungo gli spazi distributivi favorisce un senso di tranquillità e ristoro. Di fatti, gli studi neuroscientifici hanno dimostrato che il rapporto con la natura trasmetta tranquillità, favorendo la rigenerazione cognitiva ed emotiva.

Con questo progetto sono state applicate in modo pratico e sinergico le ricerche emerse nel corso degli anni nel campo della psicologia ambientale e delle neuroscienze cognitive, dimostrando come la qualità dell'architettura possa trasformarsi in una forma di cura e di rispetto per l'infanzia.

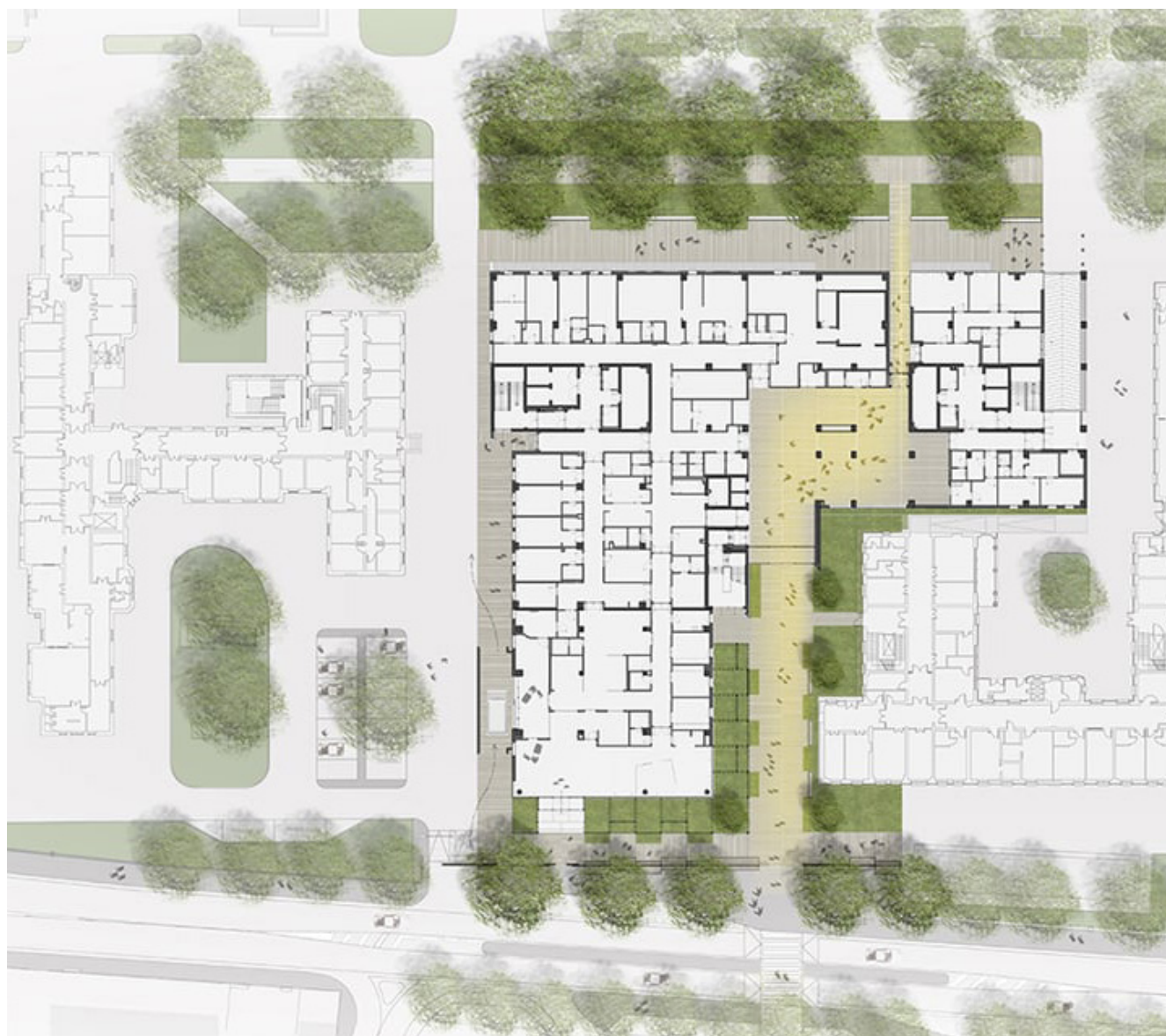
Fig. 4.11. Corridoio interno con verde © Policreo

Fig. 4.12. Ambulatorio © Policreo

Fig. 4.13. Pianta piano terra © Policreo

Fig. 4.14. Prospetti principali © Policreo







4.4. HEADQUARTERS PRADA

Nella "fabbrica-giardino" di Valvigna, in Toscana, l'architettura esplora il rapporto tra incontaminato ed edificato, rigore del disegno e libertà degli elementi naturali. Intervenire su un territorio degradato e mitigare l'impatto paesaggistico delle costruzioni sono le priorità.

La sede industriale di Valvigna ospita la divisione produttiva e lo sviluppo delle collezioni pelletteria Prada e Miu Miu, i magazzini per le materie prime, gli archivi storici delle collezioni di pelletteria e calzature, gli uffici dei servizi generali e amministrativi industriali, un auditorium, locali tecnici e il centro di elaborazione dati del Gruppo Prada.

Il complesso si fonda su una continuità strutturale totale tra spazi interni e ambiente esterno, in un dialogo costante tra uomo e natura. La "fabbrica-giardino" di Valvigna racchiude in sé la più eccellente concretizzazione di tutti i temi centrali del pensiero del progettista Guido Canali, già accennati nei precedenti stabilimenti realizzati per il gruppo.

I luoghi di lavoro sono spazi ideati appositamente per l'uomo: la progettazione crea un gioco di equilibri tra il verde e gli interni fondato sul rigore del disegno architettonico e sulla libertà degli elementi naturali.

Gli spazi vivono di un'armonica proporzione, intervallati da giardini pensili "sospesi", luoghi di pausa e contatto con la natura. Gradoni verdi, vasche di terra con filari di viti, tagli prospettici e soffitti vetrati giocano con la luce.

Un ruolo fondamentale è affidato anche agli specchi d'acqua interni: oltre a ottimizzare il microclima umidificando l'aria, introducono un comfort acustico cruciale. Il fruscio leggero dell'acqua agisce come mascheramento sonoro (*sound masking*) naturale contro i rumori di fondo dei macchinari, favorendo la concentrazione e riducendo l'affaticamento neurocognitivo.

I terrazzamenti e le quinte scenografiche che abbracciano la struttura, offrono al lavoratore la sensazione di vivere quotidianamente uno spazio armonico e piacevole, e contribuiscono a mitigare l'impatto del complesso industriale nei confronti del paesaggio collinare circostante, anch'esso acquistato dal Gruppo e bonificato per preservarne intatta la naturale bellezza.

Ambito: Lavorativo

Localizzazione: Valvigna, Italia

Progettista: Studio Canali
Associati

Anno: 1998 - 2016

Dimensione: 32.000 mq

Numero di piani: 3

Fig. 4.15. Vista prospettica del portico © Alessandro Ciampi

Fig. 4.16. Vista corte interna © Prada Group





4.5. MICROSOFT HOUSE

Il progetto di DEGW si inserisce in un percorso che Microsoft Italia ha intrapreso da anni all'insegna del "New World of Work", un approccio alle dinamiche professionali che prevede una maggiore flessibilità dei propri collaboratori nell'ottica dello *smart working*, l'utilizzo di spazi funzionali e di tecnologie innovative per massimizzare la collaborazione. Il benessere e la conciliazione delle esigenze personali e professionali sono il fulcro attorno al quale ruotano la gestione del tempo e il modo di lavorare e dove la flessibilità diventa un importante strumento per il raggiungimento degli obiettivi.

I piani dal secondo al quinto, sono riservati ai dipendenti e collaboratori dell'azienda. DEGW ha sviluppato l'architettura d'interni mantenendo come priorità il gusto italiano del design, degli arredi e dei complementi, creando un ambiente caldo, accogliente, con materiali naturali come il legno.

DEGW ha concepito i 7.500 metri quadrati della sede Microsoft secondo un'organizzazione libera e fluida. Le aree di lavoro Open Space non prevedono alcuna postazione dedicata: ogni persona si muove negli spazi a seconda delle necessità.

Sui piani operativi, le postazioni non assegnate in Open Space sono differenziate nella forma e nell'estetica, a seconda delle funzioni e delle necessità, organizzando aree più collaborative e aree più riservate per creare uno spazio di lavoro senza monotonia, che stimola la creatività e l'interazione.

Le aree operative sono state differenziate in base alla tipologia di lavoro con un particolare design dei cluster e delle finiture di arredi e pavimenti. Elementi diversi creano ambienti che conciliano la trasparenza degli spazi con un'ottima performance acustica e ambientale.

Ambito: Lavorativo

Localizzazione: Milano, Italia

Progettista: DEGW

Anno: 2017

Dimensione: 7.500 mq

Numero di piani: 6

Fig. 4.17. Vista esterna del volume dell'edificio © Lombardini22

Fig. 4.18. Vista della sala coworking all'ultimo piano © Lombardini22





4.6. SCUOLA PER L'INFANZIA DIANA

Nel 1970 è stata inaugurata, a Reggio Emilia, la scuola dell'infanzia Diana, che segue i precetti pedagogici teorizzati da Loris Malaguzzi secondo cui lo spazio è concepito come "terzo educatore" e gli ambienti hanno la funzione di "atelier diffuso".

La pianta quadrata vede al centro la presenza di una vera e propria piazza interna coperta, dove i bambini di diverse età possono liberamente entrare in contatto tra loro.

Vi è la suddivisione in tre sezioni, in relazione alle tre fasce di età degli utenti (3-5 anni); queste, insieme all'atelier principale ed ai due giardini interni, si affacciano sulla piazza centrale, fulcro di tutto il sistema. Gli spazi sono flessibili, e lo sono rimasti nel tempo, con la possibilità di avere dei mini-atelier all'interno di ogni sezione.

Nel 2016, la scuola è stata oggetto di una ristrutturazione, che ne ha preservato l'assetto originario, mantenendo il cuore del progetto nella piazza. L'atelier principale è oggi raggiungibile attraverso grandi vetrate, che permettono la visibilità reciproca tra le aree che, insieme alla conformazione circolare, stimola la spontaneità, la creatività, la scoperta e garantisce un certo senso di controllo nei piccoli utenti. La permeabilità visiva è mantenuta all'ingresso della sezione dei più piccoli, in modo da facilitare il distacco ed il ricongiungimento con i genitori.

Le singole sezioni sono organizzate per angoli funzionali, con zone più ampie e libere dedicate all'attività motoria, altre sono rivolte ad attività grafiche ed al gioco simbolico. Invece, nei mini-atelier vengono sviluppati i progetti a lungo termine, poi esposti lungo le pareti delle aule generando una doppia pelle, personalizzata dagli utenti stessi. Uno spazio aggiuntivo si può osservare nelle sezioni rivolte ai bambini di 4 e 5 anni, dove si lascia spazio alla sperimentazione di suoni e linguaggi.

Aspetto fondamentale di questa architettura, oltre alla flessibilità degli spazi, è la forte permeabilità visiva che si ha tra gli spazi sia interni che esterni; rispettando in questo modo anche il forte contatto con la natura.

Ambito: Scolastico

Localizzazione: Reggio Emilia, Italia

Progettista: Matteo Colla, Kengo Kuma

Anno: 1970 (Matteo Colla) + 2016 (Kengo Kuma)

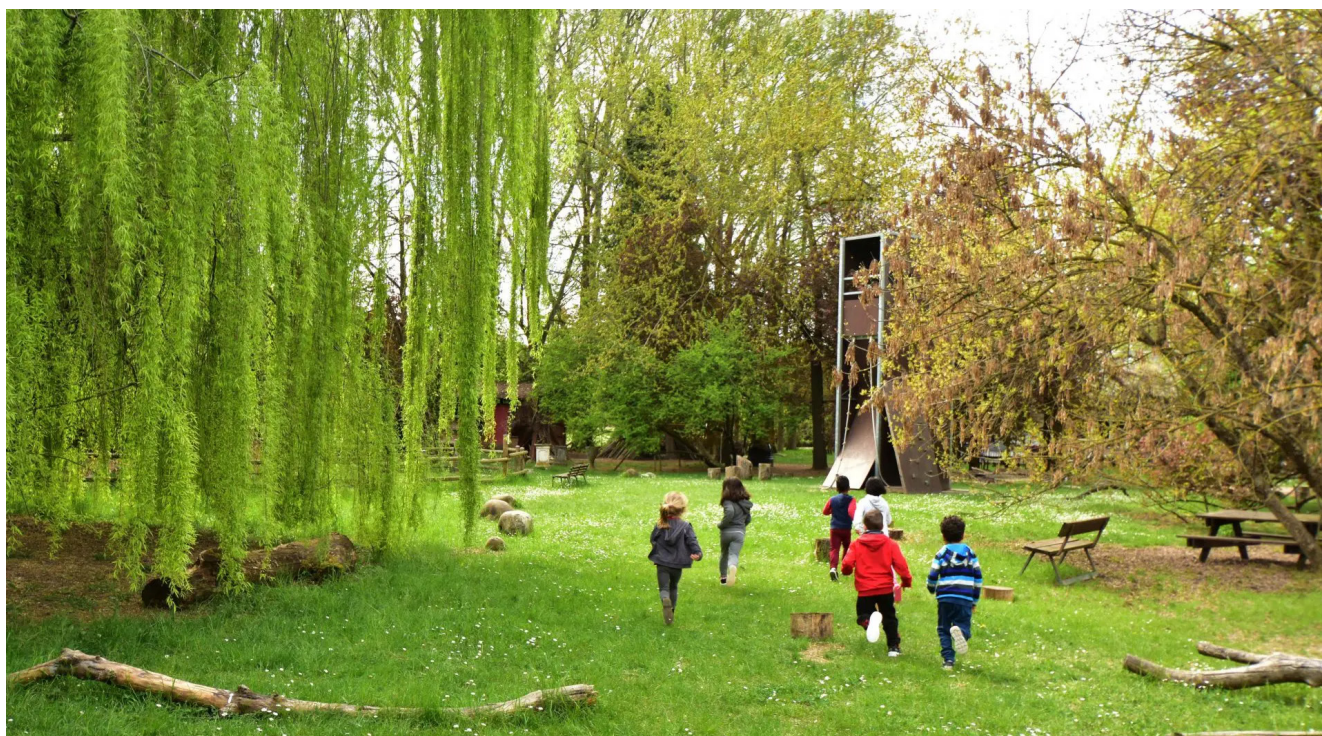
Dimensione: 1.000 mq

Numero di piani: 1

Fascia di età: 3-5 anni

Fig. 4.19. Vista esterna © Comune di Reggio Emilia

Fig. 4.20. Vista giardino circostante © Comune di Reggio Emilia





4.7. SCUOLA PER L'INFANZIA GUSTALLA

Il progetto nasce dall'esigenza di sostituire due asili comunali di paesi limitrofi danneggiati dal sisma del 2012.

Il concept principale è stato voler stimolare il bambino sia attraverso l'interazione con lo spazio circostante, con cui ha un rapporto diretto e indiretto, che con la scelta di materiali.

L'aspetto tradizionale di ambiente monolitico viene abbandonato, grazie alla struttura in legno che riprende i filari di alberi della campagna circostante.

La scelta dei materiali è legata al concetto che la materia stessa possa essere uno strumento educativo; per questo viene adottato per la costruzione il legno e una forte componente di materiale riciclato, sagomato nelle sue forme organiche per accogliere attività e sperimentazione, stimolando la curiosità e la creatività.

L'elevazione ad unico piano porta tutto a misura di bambino, rendendo l'edificio contenuto e funzionale. Mentre, la pianta rettangolare favorisce una completa fruibilità degli spazi.

La permeabilità visiva gioca un ruolo fondamentale nel rapporto con l'esterno e nel rapporto tra ambienti interni. Con l'esterno si ha l'impressione che non vi sia soluzione di continuità, la scuola stessa si integra perfettamente con il contesto circostante. La presenza di partizioni vetrate permette di percepire l'intera struttura come unico grande ambiente, vedendo l'edificio nel suo complesso e tutte le attività che vi vengono svolte. Tutto ciò garantisce l'ingresso di molta luce naturale dal fronte sud, mentre gli altri fronti vengono opportunamente schermati, ottimizzando le risorse e diminuendo l'impatto ambientale dell'edificio stesso.

Ambito: Scolastico

Localizzazione: Reggio Emilia, Italia

Progettista: Mario Cucinella architects

Anno: 2015

Dimensione: 1.400 mq

Numero di piani: 1

Fascia di età: 0-3 anni

Fig. 4.21. Vista interna © Moreno Maggi

Fig. 4.22. Vista interna © Moreno Maggi





4.8. ØRESTAD GYMNASIUM

L'Ørestad Gymnasium si basa sulla volontà di rendere gli studenti protagonisti del loro percorso conoscitivo, abbandonando la didattica tradizionale e facendo in modo che lo spazio supporti ed incentivi questo cambiamento, adattando le metodologie didattiche attraverso la progettazione di ambienti scolastici non tradizionali.

In primis, gli ambienti polifunzionali dell'istituto possono essere utilizzati liberamente lungo tutto l'arco della giornata e della settimana, sere e weekend compresi.

La scuola danese è un importante esempio innovativo sia dal punto di vista didattico, che tecnologico. La configurazione spaziale, organizzata con ambienti continui, permette di alternare fasi di attività e studio a momenti di relax e movimento fisico. La stessa palestra è riconfigurabile ad aula multifunzionale chiudendone le pareti, così come la scala centrale dove è possibile sostare, studiare e mangiare. Questi due spazi versatili sono collocati al piano terra insieme agli uffici amministrativi, che sono mantenuti, come il resto dell'edificio, aperti e privi di divisori contribuendo alla visione d'insieme. Ciò è espressione della forte continuità fisica e visiva tra interno ed esterno, spazi formali ed informali, che favoriscono la creatività ed il lavoro in gruppo.

La permeabilità visiva è totale: tutte le aule sono chiuse da pareti trasparenti, i tavoli sono disposti in gruppi e ciò consente un migliore lavoro di gruppo senza il disturbo del rumore.

Anche la progettazione dell'illuminazione non viene lasciata al caso: sono presenti ampie vetrate in facciata e lucernari che permettono di avere luce zenitale diffusa per un illuminamento ottimale ed omogeneo.

L'aspetto tecnologico viene posto al centro dell'intero programma, con soluzioni presenti in ogni ambiente per promuovere e incentivare l'uso di tablet e computer.

Ambito: Scolastico

Localizzazione: Ørestad, Danimarca

Progettista: 3XN

Anno: 2007

Dimensione: 12.000 mq

Numero di piani: 5

Fascia di età: 16-19 anni

Fig. 4.23. Vista interna © Giuseppe Moscato

Fig. 4.24. Vista interna © Giuseppe Moscato



PARTE II

STUDIO DEL CONTESTO

Prima di intervenire su un territorio, è necessario studiarlo e comprenderne vantaggi e criticità. Questa seconda parte restituisce un'analisi approfondita del comune di Cesano Maderno: la sua posizione nella Brianza, il tessuto urbano, le infrastrutture e le dinamiche demografiche che lo caratterizzano. L'indagine si estende agli stakeholders coinvolti - in modo da strutturare una visione strategica per il progetto - e all'analisi specifica del lotto, ciò consente di definire con precisione il ruolo che il nuovo polo culturale dovrà svolgere come attivatore sociale per la comunità locale.

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

5.1. CONOSCENZA DEL TERRITORIO

Il Comune di Cesano Maderno si trova ai margini della Brianza Ovest, nella provincia lombarda di Monza Brianza e con posizione centrale rispetto alle province limitrofe di Como, Lecco, Milano e Varese. Questa posizione strategica la rende facilmente raggiungibile da Milano e dalle altre città principali della Brianza, fatto che ne ha permesso un importante sviluppo industriale e commerciale, soprattutto durante il secolo scorso. La città si estende sulle colline della valle del Seveso, lungo il percorso dell'omonimo fiume.

Il contesto ambientale è caratterizzato da un'alternanza di zone collinari e grandi parchi che circondano il comune. Questi parchi sono di rilievo regionale e sovracomunale: tra questi, il più significativo, è il Parco delle Groane. Un'area naturale protetta che si estende per oltre 7.500 ettari e attraversa diverse province, diventando una delle più grandi aree verdi della Lombardia. Il parco è caratterizzato da una vegetazione ricca e ospita numerose specie animali. All'interno del suo confine, nei pressi di Cesano Maderno, si trova l'Oasi Lipu, luogo che è stato recuperato e trasformato in area protetta per promuovere la biodiversità sul territorio.

Un altro importante elemento naturale che caratterizza il comune e le zone confinanti è il fiume Seveso. Il corso d'acqua ha una lunghezza di 52 km, nasce nei pressi di Como e percorre le province di Como, Monza-Brianza e Milano. Il centro storico si è sviluppato attorno al corso d'acqua, risultando un elemento centrale nella genesi del tessuto urbano.

Cesano Maderno è collegata direttamente con i capoluoghi delle province circostanti attraverso superstrade e autostrade, tra cui la SP35, che permette di collegare il comune con Como, Milano e Pavia e la SS36 che permette il collegamento diretto con Meda e Sesto San Giovanni.

Anche il sistema di trasporto pubblico è ben sviluppato. Vicino all'area di progetto, è situata la stazione ferroviaria che rappresenta un importante nodo di interscambio. Infatti, la città è attraversata da due "vie del ferro": la "Milano-Asso" e la "Saronno-Seregno". Questi collegamenti permettono di raggiungere facilmente Milano, Como e altri comuni rilevanti della Brianza come Meda, Saronno, Seregno e Monza.

5.2. STATO DI FATTO

Lo studio dello stato di fatto è stato svolto per comprendere le necessità locali ed ideare un intervento coerente. Le analisi sono state svolte sulla base della "città dei 15 minuti": il territorio analizzato è circoscritto in un cerchio che rappresenta la distanza percorribile a piedi in 15 minuti dal lotto di progetto. Questo ha permesso di comprendere il possibile bacino di utenza del futuro centro culturale.

La nascita del nucleo storico di Cesano Maderno è legata alla presenza delle ville nobiliari aristocratiche del XVII e XVIII secolo. Tale configurazione si mantiene fino al 1750 per poi vedere un'espansione urbana molto più accelerata a partire dal 1930. Da questo arco temporale in poi si avrà un modesto sviluppo con la costruzione di nuove abitazioni, industrie e infrastrutture. Nonostante

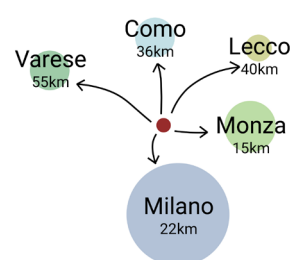


Fig. 5.1. Schema dei collegamenti e delle province confinanti

CARATTERISTICHE DEL TESSUTO URBANO



FUNZIONI E SERVIZI PRINCIPALI

il territorio cesanese abbia continuato ad espandersi fino al 1998, l'ultima crescita significativa del tessuto urbano è avvenuta nel 1975.

Il comune è caratterizzato da una mescolanza di aree residenziali, commerciali e produttive, con un forte sviluppo suburbano. Gli edifici tradizionali sono principalmente collocati nel centro storico, nel quale si ha la maggiore concentrazione di verde pubblico (con particolare riferimento al Parco Borromeo), contrariamente alle periferie nelle quali si ha prevalenza di tessuto residenziale risalente alla seconda metà del XX secolo. Per quanto riguarda l'ambito produttivo e industriale, questo si sviluppa parallelamente alle cesure territoriali generate dalla ferrovia ad est e nord del centro. Nonostante quest'ultima costituisca un elemento di discontinuità del tessuto urbano, in questo caso garantisce una separazione tra zone maggiormente di pregio del comune e quelle più industriali.

La città, inoltre, offre un'ampia gamma di servizi diversificati per la sua comunità, concentrati soprattutto nell'area del centro storico. Questi abbracciano ambiti culturali, educativi, sociali e sportivi. Il comune promuove eventi culturali regolari come mostre d'arte, concerti e spettacoli teatrali, sfruttando uno dei fulcri principali del paese, Palazzo Arese Borromeo, ma anche allestendo manifestazioni all'aperto che animano il centro cittadino e le piazze.

Sul versante educativo, Cesano Maderno è dotata di un'ampia rete scolastica che comprende scuole dell'infanzia (S. Anna e Montessori), primarie (M.L. King, A. Mauri e Don A. Borghi), secondarie di primo grado (paritaria Maristi e S. D'Acquisto) e istituti superiori (E. Majorana e I. Versari), garantendo un'offerta formativa completata dalla presenza dell'università della terza età (Unitre). Per quanto riguarda invece i servizi sociali, il paese si dimostra attento al benessere dei suoi cittadini organizzando iniziative e progetti di inclusione affiancati da attività ricreative e sportive.

SISTEMA INFRASTRUTTURALE

La città risulta essere ben collegata sia con i comuni immediatamente limitrofi che con le grandi città grazie alla presenza di due linee ferroviarie. Le intersezioni tra le strade e il tracciato ferroviario non sempre avvengono in modo sicuro e ottimale, risultando talvolta critiche. I passaggi a livello sono numerosi e creano tempi di attesa lunghi dovuti all'alta frequenza di passaggio dei convogli.

Anche il sistema di trasporto urbano è ben sviluppato: nelle vicinanze del lotto di progetto, sono presenti numerose fermate di trasporto pubblico che permettono veloci collegamenti con diverse aree del territorio comunale. Per quanto riguarda la mobilità dolce, invece, è stato constatato come il sistema di piste ciclabili sia poco sviluppato nell'area ma che sono numerosi i progetti in previsione per l'ampliamento. La presenza della velostazione e dei parcheggi pubblici nelle zone centrali del territorio permette l'interscambio tra i due tipi di mobilità.

Fig. 5.2. Immagine storica del
tracciato ferroviaria comunale

5.3. QUADRO DEMOGRAFICO

Poiché l'edificio si pone l'obiettivo di diventare un polo culturale e un punto di riferimento per la collettività, l'analisi demografica del territorio ha assunto un ruolo di primaria importanza. Da tale analisi è emerso come la popolazione di Cesano Maderno presenti una marcata disomogeneità sia dal punto di vista anagrafico sia culturale, evidenziando la presenza di esigenze differenti che il progetto è chiamato a intercettare e soddisfare al fine di rispondere ai bisogni dell'intera cittadinanza.

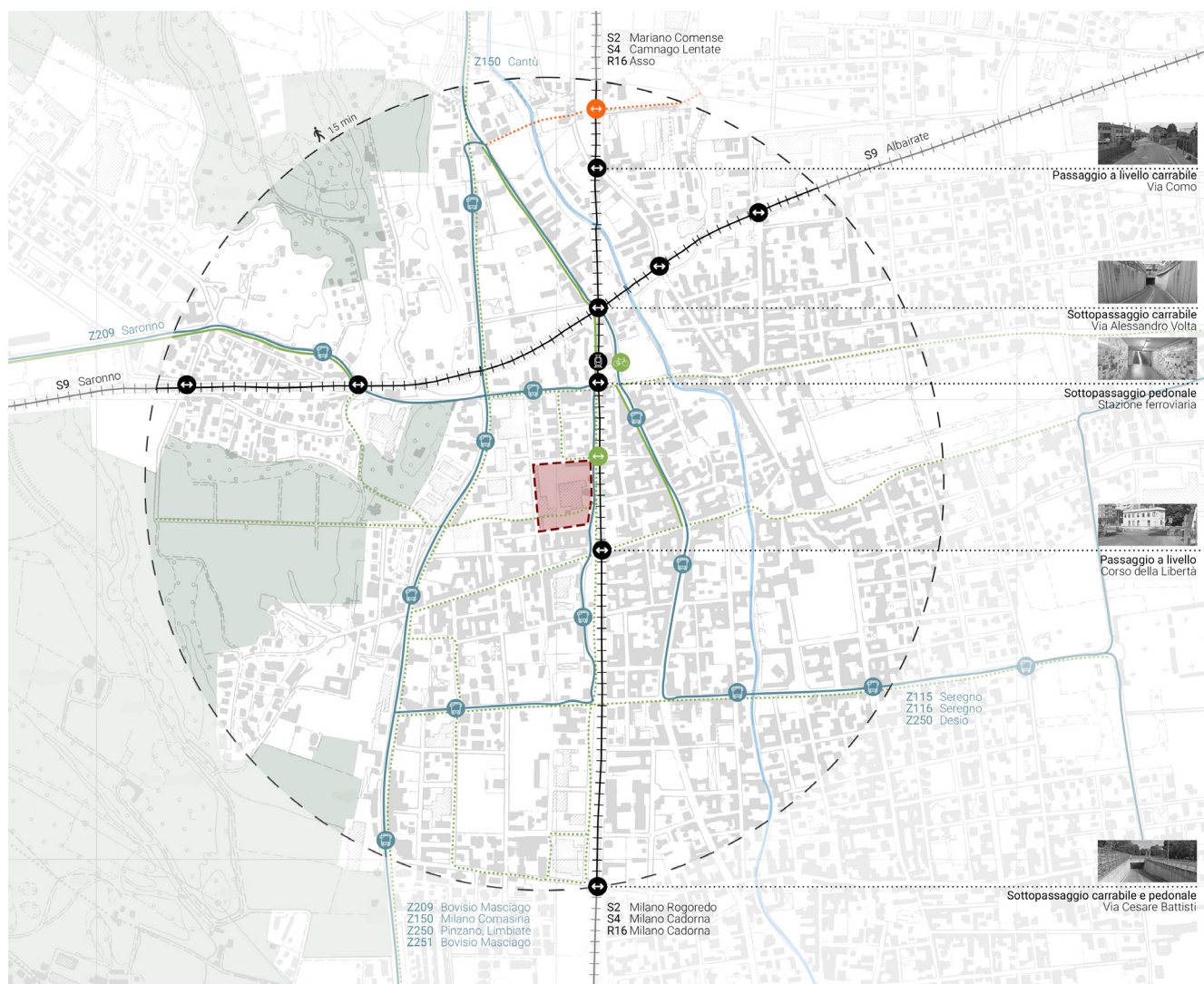
In primo luogo è stata analizzata la distribuzione della popolazione per fasce di età. Al 2023 il comune conta un totale di 39.399 abitanti, di cui 49,82% uomini e 50,18% donne. Una percentuale significativa della popolazione rientra nella fascia d'età tra i 40 ed i 64 anni, mentre le altre fasce sono omogeneamente distribuite.

È stato poi svolto un ulteriore approfondimento sulla fascia di età dei più giovani, per comprendere la popolazione scolastica del comune. Sono risultati iscritti ad istituzioni scolastiche di vario livello 6603 ragazzi, seppur non sia chiaro se il dato indichi gli iscritti ai complessi scolastici all'interno della città oppure se indichi gli studenti residenti a Cesano, ma iscritti a istituti anche esterni alla città.

Un'analisi sulla situazione occupazionale interna è fondamentale per comprendere le potenzialità e le necessità del territorio oggetto di analisi.

Lotto di progetto	---
Fiume Seveso	—
Parco delle Groane	■
Piste ciclabili	—
Ferrovie	—
Linee autobus	—
Strade di progetto	...
Piste ciclabili di progetto	...
Stazione ferroviaria	■
Fermata autobus	■
Velostazione	■
Intersezione strada-ferrovia	■
Passaggi carrabili di progetto	■
Passaggi pedonali di progetto	■

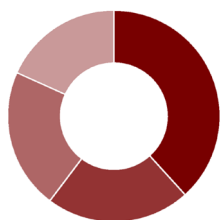
Fig. 5.3. Estratto della tavola "Analisi della mobilità" - Rif. tav. 12



POPOLAZIONE IN ETÀ SCOLASTICA

SITUAZIONE OCCUPAZIONALE

REDDITO DI CITTADINANZA



65+	21%
40-64	38%
20-39	22%
0-19	18%

Villaggio SNIA	22%
Cesano Centro	32%
Binzago	16%
Molinello	12%
Cassina Savina	7%
Cascina Gaeta	6%
Sacra Famiglia	6%

È stato quindi effettuato uno studio riguardante la forza lavoro del comune, basandosi sulla percentuale di popolazione attiva in cerca di occupazione. Tale percentuale è risultata essere pari al 5,53% nel 2022, valore che si pone tra il 5,74% della regione Lombardia, il 5,10% della provincia di Monza e Brianza ed il 5,25% di Monza città; si evidenzia quindi, che il tasso di disoccupazione risulta avere un valore medio all'interno del territorio nel quale è inserito.

Approfondendo ulteriormente l'analisi, si osserva come il tasso di disoccupazione degli stranieri risulti leggermente superiore alla media, essendo pari al 10,35% rispetto al 10,30% della regione, 9,63% della provincia e 9,61% del comune di Monza.

Nel periodo compreso tra il 2018 e il 2022, la tendenza della disoccupazione di Cesano Maderno ha subito un declino, con un corrispondente aumento dell'occupazione.

Il Reddito di Cittadinanza rappresenta un ulteriore indicatore utile per valutare l'efficacia delle politiche attive di lavoro, contrasto alla povertà, alla disuguaglianza ed all'esclusione sociale. Le analisi svolte dai Centri per l'Impiego (CPI) di riferimento sulla distribuzione dei suoi percettori rivela che, nella provincia di Monza e Brianza, la maggioranza dei beneficiari è domiciliata a Monza, seguita immediatamente da Cesano Maderno.

La varietà di nazionalità presenti nel comune risulta distribuita in maniera eterogenea sul territorio, con una maggiore concentrazione riscontrabile nell'area centrale della città e nel quartiere del Villaggio Snia. Tale articolazione evidenzia la presenza di contesti sociali e culturali differenti, che contribuiscono a definire un tessuto urbano complesso e dinamico.

Le analisi demografiche, sociali e occupazionali svolte si sono rivelate fondamentali per una più precisa definizione delle necessità e delle esigenze dell'intera popolazione. Attraverso lo studio della composizione sociale del territorio è stato possibile individuare il bacino di utenza di riferimento e orientare la progettazione delle attività e delle funzioni da inserire all'interno dell'edificio, con l'obiettivo di dar vita ad uno spazio inclusivo, capace di favorire l'incontro, la partecipazione e la vitalità sociale del luogo.

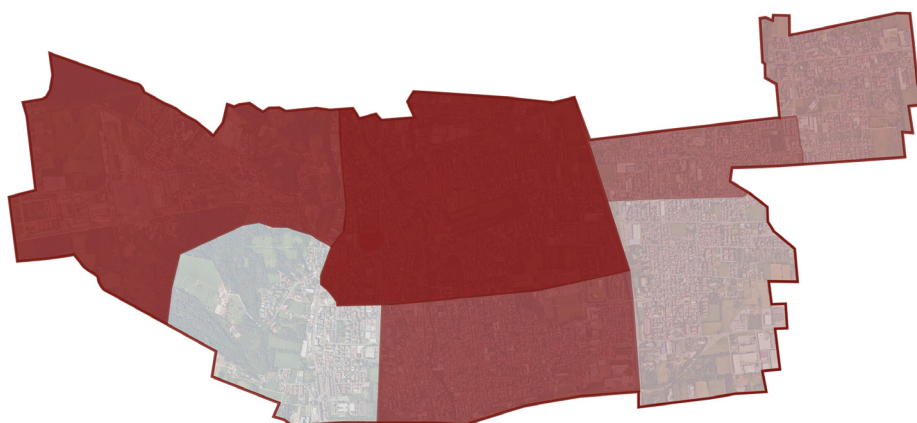


Fig. 5.4. Distribuzione d'età della popolazione - Estratto della tavola "Analisi del comune di Cesano Maderno" - Rif. tav. 9

Fig. 5.5. Distribuzione della popolazione straniera - Estratto della tavola "Analisi del comune di Cesano Maderno" - Rif. tav. 9

5.4 SINTESI

Dalle analisi svolte sul territorio è risultato evidente come un intervento di riqualificazione della zona possa essere propedeutico al miglioramento delle condizioni cittadine.

A seguito delle analisi conoscitive, è stata svolta una fase di sintesi, attraverso la SWOT, la mappa dei limiti e delle criticità e la mappa delle risorse.

La SWOT, ossia l'analisi utilizzata per identificare i punti di forza (*strengths*), di debolezza (*weaknesses*), le opportunità (*opportunities*) e le minacce (*threats*) di un territorio, è stata suddivisa in tre istanze: mobilità, popolazione e ambiente.

Attraverso essa viene messo in luce un contesto urbano dotato di buone connessioni infrastrutturali, servizi culturali e scolastici diffusi e un rilevante patrimonio ambientale, rappresentato in particolare dal fiume Seveso e dal Parco delle Groane, che sono elementi di biodiversità importanti. Accanto a questi emergono criticità legate alla frammentazione del tessuto urbano a causa dell'infrastruttura ferroviaria, all'inquinamento acustico, alle difficoltà di accessibilità e al rischio idraulico connesso al fiume Seveso. Le opportunità offerte da progetti infrastrutturali, interventi di rigenerazione urbana e finanziamenti pubblici si confrontano con minacce quali l'isolamento di alcune aree e la mancata valorizzazione di spazi strategici.

Nel complesso, l'analisi evidenzia la necessità di interventi integrati, capaci di

ANALISI SWOT

Fig. 5.6. SWOT grafica - Estratto della tavola "SWOT" - Rif. tav. 14

Fig. 5.7. Analisi SWOT - Estratto della tavola "SWOT" - Rif. tav. 13



- Presenza di nodi di interscambio tra mobilità lenta e mobilità veloce.
- Numerosi collegamenti tramite trasporto pubblico e fermate ben distribuite sul territorio comunale.
- Strade principali ben collegate con la rete autostradale.
- Stazione ferroviaria che permette collegamenti efficaci con le maggiori città limitrofe.

- Presenza di scuole di diverso ordine e grado ben distribuite sul territorio.
- Presenza di spazi culturali a promozione della crescita e dell'apprendimento della comunità come teatri, museo e biblioteca.
- Presenza di un centro polifunzionale che garantisce attività di svago e condivisione.
- Presenza di un sistema interbibliotecario (BrianzaBiblioteche) consolidato a supporto della comunità.

- Presenza nel territorio comunale del Parco delle Groane di interesse regionale e turistico per i residenti dei paesi limitrofi.
- Passaggio del Fiume Seveso all'interno del comune a rappresentanza di un'importante fonte di biodiversità.
- Associazione LIPU promuovente la formazione e l'educazione ambientale stabilita nel Centro Alex Langer.

- Presenza di strade ad alta percorrenza nelle vicinanze del lotto di progetto che causano inquinamento acustico e ostacolano l'accessibilità.
- Ferrovia come elemento di divisione netta del territorio e fonte di inquinamento acustico.
- Passaggi a livello che rendono la viabilità difficoltosa a causa dei lunghi tempi di attesa.
- Sottopassaggi frequentemente soggetti ad allagamenti.
- Percorsi ciclopedonali esistenti discontinui che compromettono l'accessibilità.

- Luoghi di culto di alcune religioni collocati in zone poco accessibili e che non rispondono alle esigenze della popolazione.
- Presenza di un tasso di disoccupazione all'interno del territorio comunale pari a 5,53%, minore di quello regionale (5,74%) ma maggiore di quello provinciale (5,10%).

- Separazione fisica del tessuto urbano causata dal percorso del Fiume Seveso.
- Presenza di svariate aree verdi pubbliche non facenti parte di un sistema unitario caratterizzato da forti connessioni.

- Previsione di diversi collegamenti ed attraversamenti ciclopeditoni per il potenziamento della viabilità tra lotto di progetto e resto del comune (fonte: PGT vigente).
- Bando *"Sotto una nuova luce"* per l'efficientamento energetico dell'illuminazione pubblica.
- Progetto in corso per la realizzazione della nuova tangenziale nord tra Cesano Maderno e Seveso con la rimozione di un passaggio a livello, la realizzazione di un sottopassaggio per oltrepassare la ferrovia, un sovrappassaggio per superare il fiume Seveso e due nuove rotonde.

- Previsione di progetti finanziati dal PNRR dedicati ad anziani, persone in difficoltà e all'istruzione: *"Housing First"*, rafforzamento dei servizi sociali e prevenzione del burn out, capacità genitoriali e prevenzione della vulnerabilità, percorsi di autonomia per persone con disabilità.
- Progetto *"La Nave"* per la riqualificazione di una parte del quartiere Villaggio SNIA con il quale si prevede la realizzazione di diversi alloggi integrati a servizi come spazi commerciali, palestra, uffici e ristoranti. Inclusione di un collegamento ciclabile diretto con il Parco delle Groane.

- Progetti di partecipazione per la sistematizzazione, progettazione e riqualificazione di spazi naturali promossi dall'associazione Innova21: *"Connecting Seveso"*, *"PAESC Brianza Ovest"*, *"Biodiversità urbana Brianza"*.
- Promozione di: incontri formativi per i tecnici comunali nati dalla collaborazione tra gli enti pubblici e l'associazione Innova21; incontri formativi e di sensibilizzazione della cittadinanza che potrebbero migliorare il comportamento dei singoli e dell'amministrazione in termini di sostenibilità e tutela del territorio: *"Energy Manager comunale"*, *"EDEN"*.

- Progetto in corso per la realizzazione della nuova tangenziale nord tra Cesano Maderno e Seveso che andrà a ridurre un'ampia superficie drenante; in alcuni punti sarà realizzato a ridosso di edifici residenziali causando problematiche di inquinamento acustico.

- Mancanza di politiche territoriali e di controllo a contrasto di attività illegali vicine all'area di progetto.
- Difficoltà di integrazione di comunità isolate in aree del territorio comunale (Villaggio SNIA).

- Rischio di esondazione del Fiume Seveso con possibili disagi alla viabilità, alla vivibilità ed alla fruibilità del territorio.
- Assenza di una vasca di laminazione a contrasto delle esondazioni del Fiume Seveso a monte del territorio comunale, che a fronte dell'aumento delle piogge non impedirebbe il rischio di esondazioni ed i conseguenti disagi.
- Possibile inquinamento dell'area e mancanza di bonifica per la presenza di grandi industrie abbandonate sul territorio, che potrebbero sfavorire l'inserimento di iniziative e proposte progettuali a miglioramento del territorio urbano da parte di terzi.

LIMITI E CRITICITÀ

-  Lotto di progetto
-  Fiume Seveso
-  Strade ad alta percorrenza
-  Piste ciclabili esistenti
-  Piste ciclabili interrotte
-  Linee ferroviarie
-  Passaggi a livello
-  Sottopassaggio
-  Sottopassaggio a rischio allagamento
-  Strade strette e prive di marciapiede
-  Sistema del verde pubblico
-  Parco delle Groane
-  Assenza di collegamenti tra aree verdi
-  Edifici soggetti a vincoli
-  Aree industriali
-  Capienza insufficiente dell'attuale biblioteca

coniugare sostenibilità ambientale, inclusione sociale e qualità urbana. A partire dagli elementi emersi dalla SWOT, è stata elaborata una mappa dei limiti e delle criticità, al fine di individuare gli ambiti sui quali intervenire in maniera diretta.

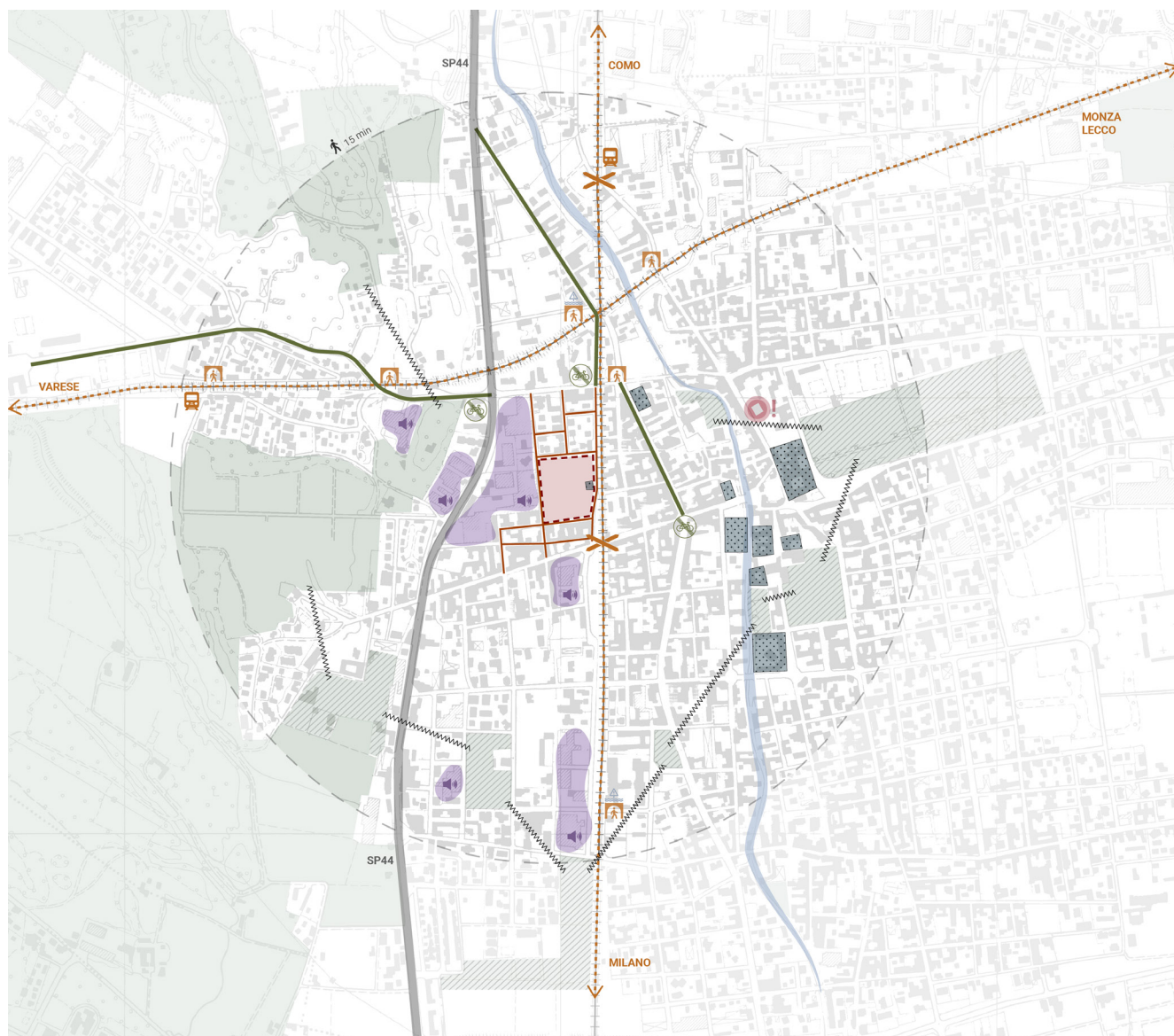
L'elemento che genera maggiori limiti in termini di accessibilità all'interno del territorio comunale è la ferrovia, che divide il centro storico dal restante territorio comunale posto a ovest, caratterizzato dalla presenza di zone commerciali e industriali, spesso fonte di disturbo acustico. Inoltre, la linea ferroviaria risulta essere una barriera fisica a causa della presenza di passaggi a livello con lunghi tempi di attesa e di sottopassaggi spesso soggetti ad allagamenti.

Dal punto di vista della mobilità su gomma, anche la presenza della SP44, strada provinciale che collega Milano a Meda, costituisce un elemento di criticità poiché causa elevati livelli di traffico e inquinamento.

La mobilità lenta rappresenta un ulteriore punto di debolezza del sistema urbano, essendo frammentata e poco sicura per gli utenti a causa della carenza di marciapiedi e di attraversamenti protetti. Anche il sistema del verde è sia un limite che una criticità, in quanto discontinuo e a tratti totalmente assente, nonostante la presenza del Parco delle Groane e del Parco storico del Palazzo Arese Borromeo.

Alcuni degli elementi individuati come limiti e criticità del territorio comunale possono al contempo essere interpretati come risorse.

Fig. 5.8. Estratto della tavola
"Mappa limiti e criticità" - Rif. tav. 15



In particolare, il sistema del verde pubblico, insieme al Parco delle Groane, rappresenta un'importante fonte di biodiversità che, attraverso viali verdi adeguatamente progettati, potrebbe essere connesso per garantire un sistema continuo e sinergico.

Anche i tratti dei percorsi ciclopedonali esistenti offrono una risorsa per la creazione di una rete organica, da completare mediante gli interventi già programmati e l'eventuale inserimento di nuovi collegamenti.

La ferrovia, che risulta essere un elemento di divisione del territorio, è al tempo stesso anche una risorsa strategica, garantendo collegamenti diretti e rapidi con le principali città delle province adiacenti e con i comuni limitrofi. Inoltre, la zona della stazione si configura come un importante nodo di interscambio, grazie alla presenza della velostazione e di una grande area di sosta per le automobili.

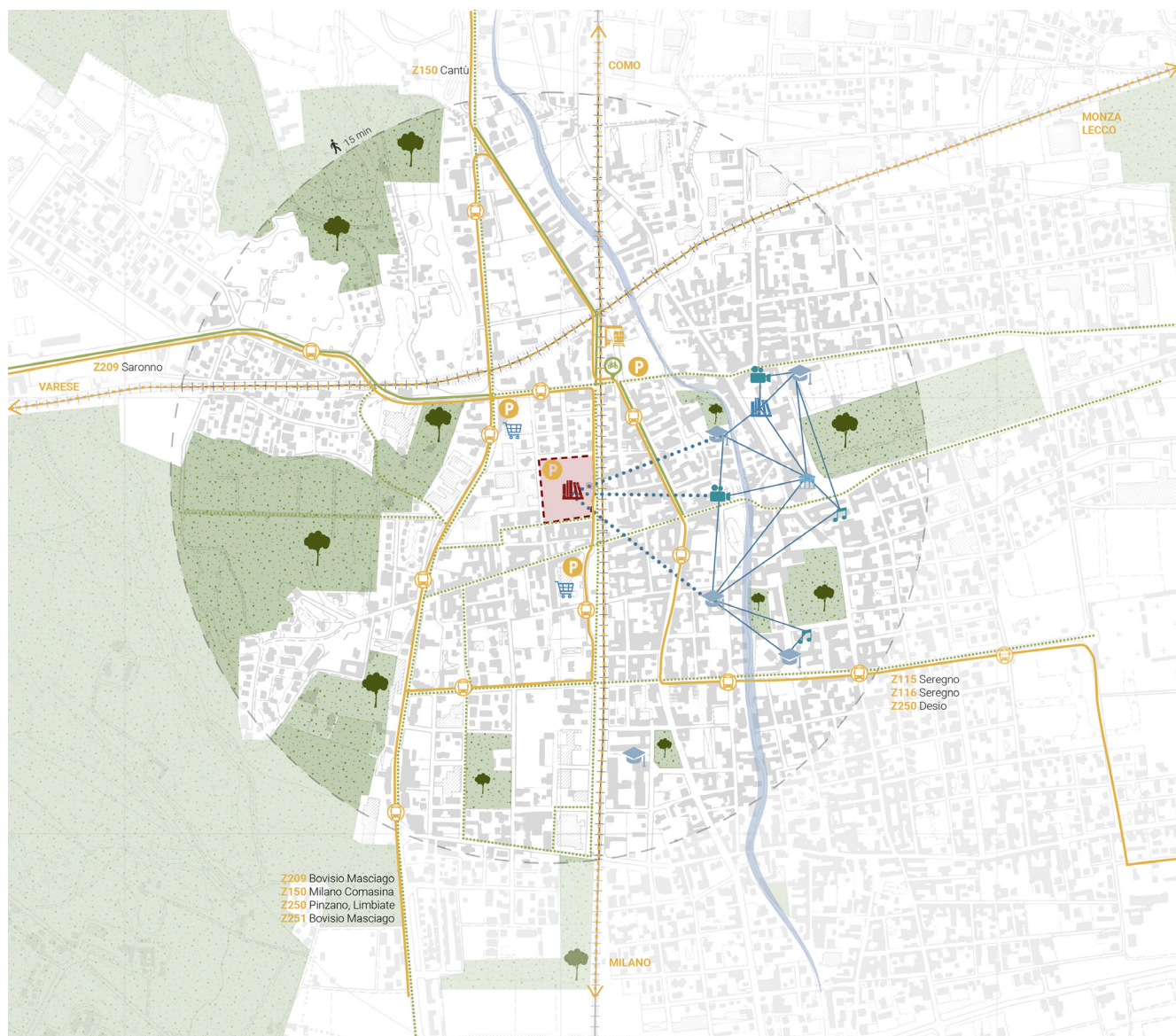
Come già espresso nella fase di analisi, l'offerta formativa, educativa e culturale risulta essere completa e potrebbe essere una risorsa fondamentale per la realizzazione di un sistema univoco, che trovi un punto di riferimento nel polo culturale di progetto.

La ricchezza di servizi presenti nell'intorno dell'area si configura come una risorsa che incentiva l'utilizzo del territorio immediatamente circostante, favorendo la buona riuscita del progetto.

LE RISORSE

Lotto di progetto	
Fiume Seveso	
Mobilità su gomma	
Linee ferroviarie	
Piste ciclabili di progetto	
Stazione ferroviaria	
Fermata autobus	
Aree di sosta	
Velostazione	
Sistema del verde pubblico	
Parco delle Groane	
Rete di servizi pubblici	
Sistema bibliotecario esistente e di progetto	
Sistema scolastico	
Servizi creativi	
Musei	
Centri commerciali	

Fig. 5.9. Estratto della tavola "Mappa risorse" - Rif. tav. 16



5.5. L'ANALISI DEGLI STAKEHOLDERS

Il progetto di un edificio significativo, come un centro culturale non può essere esente dal considerare i diversi stakeholders con cui dovrà relazionarsi nel corso della sua vita. Di fatti, è stato dimostrato dalla psicologia sociale, come una progettazione partecipata migliori la riuscita del progetto e permetta agli utenti di percepire gli spazi come più personali, incentivandone l'utilizzo.¹⁵⁸

Il processo di individuazione degli attori interessati a questo progetto è stato suddiviso nelle diverse fasi che caratterizzano un progetto: inizio, progetto, esecuzione, chiusura, esercizio.

Gli stakeholders individuati sono stati poi valutati in base al grado di influenza ed interesse che potrebbero avere, a seconda della fase considerata.

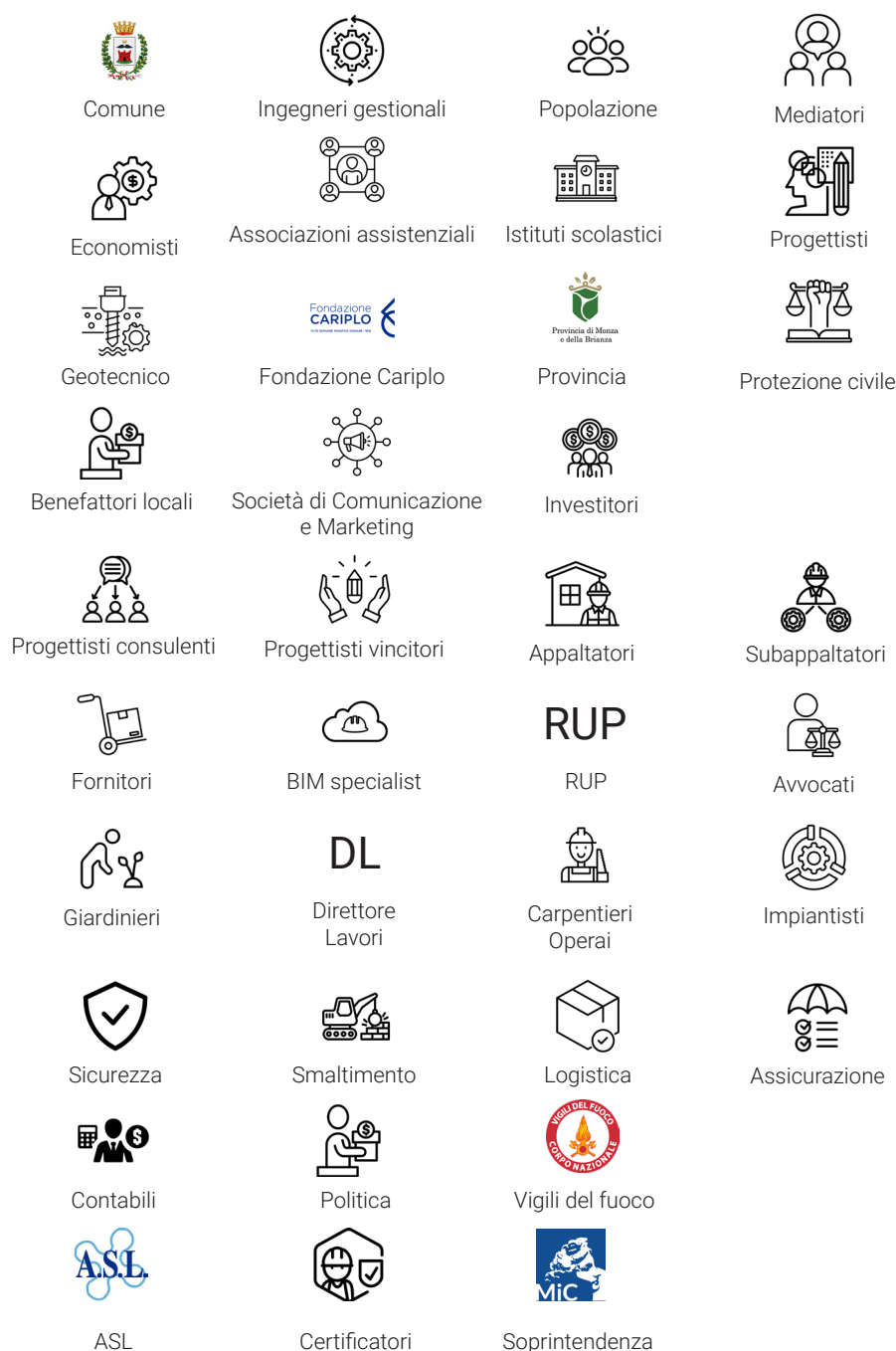
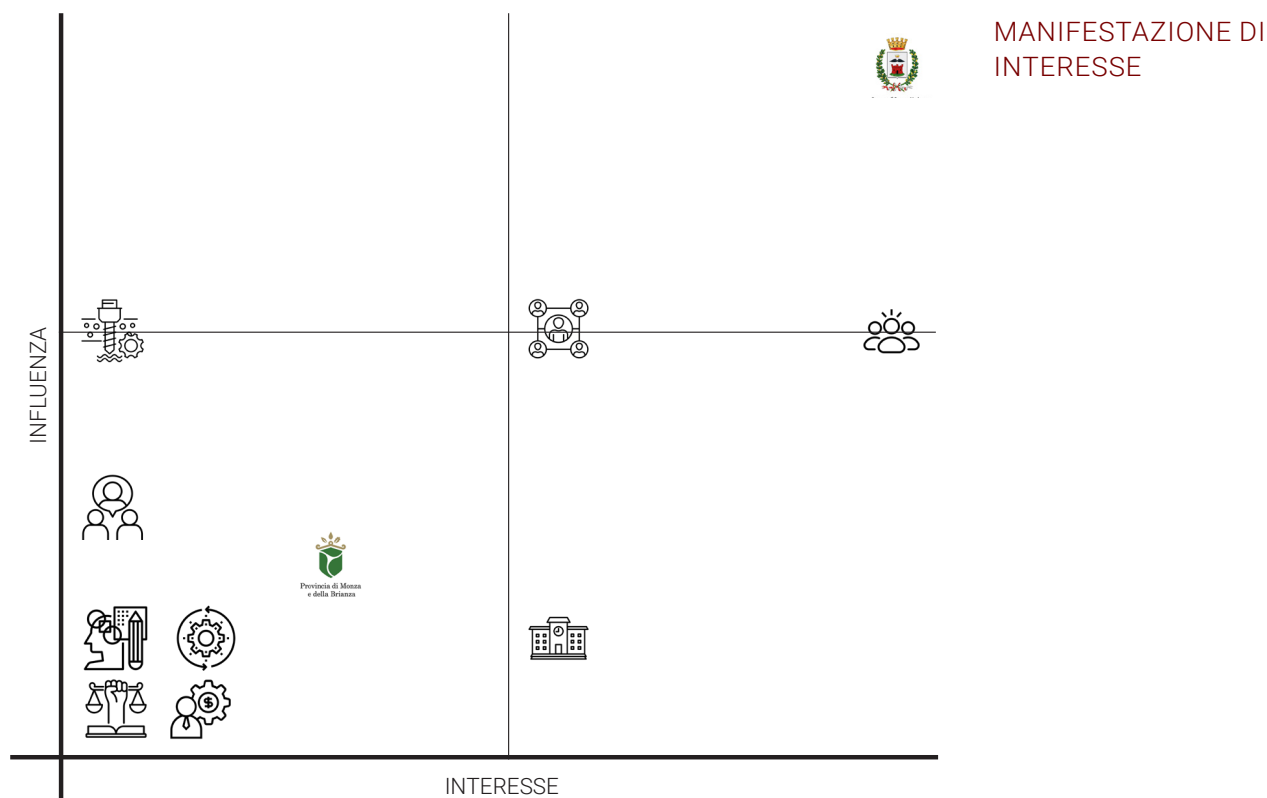


Fig. 5.10. Individuazione degli stakeholders

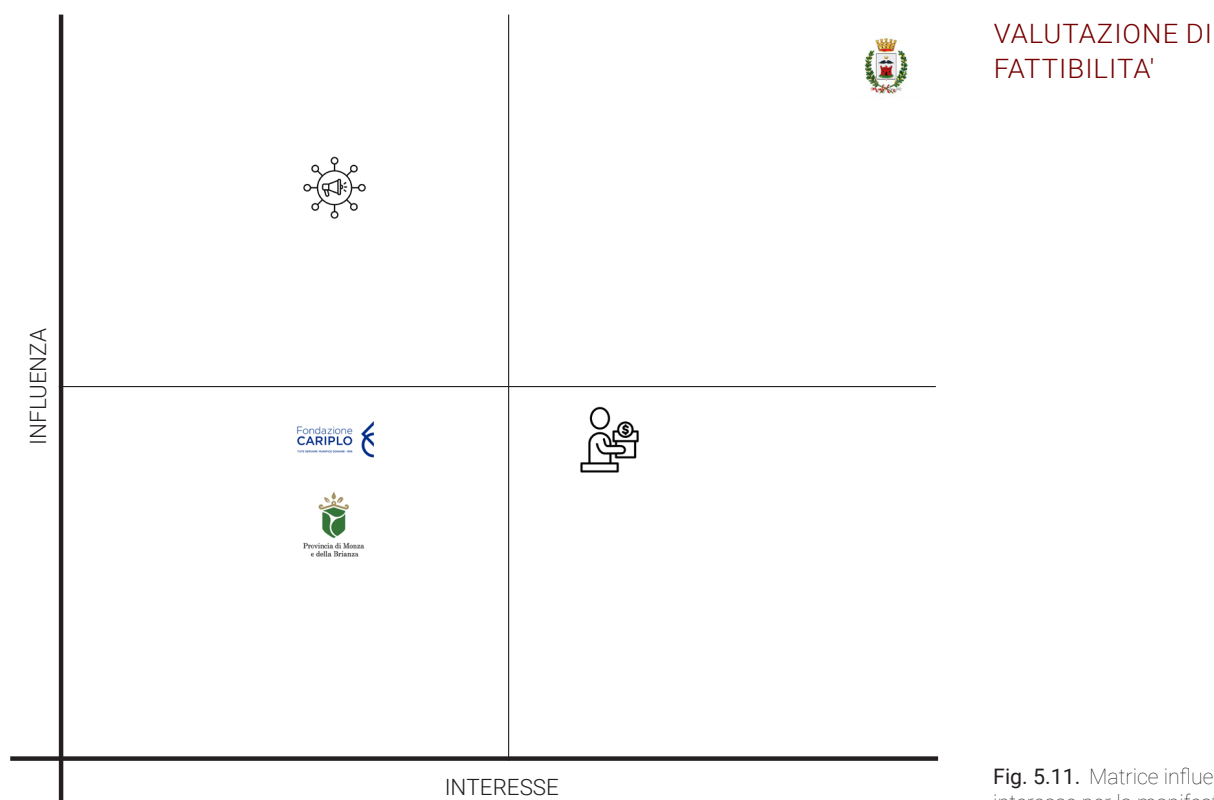
158 Bonaiuto, M., Bilotta, E., Fornara, F. (2004). pp. 19-20

5.5.1. FASE INIZIALE

La fase iniziale è stata suddivisa in due sottofasce: la manifestazione di necessità, per la quale è sorta l'esigenza di una nuova biblioteca comunale e la valutazione di fattibilità, in cui sono stati coinvolti i professionisti in veste di consulenti ed i possibili finanziatori, tra cui la Fondazione Cariplo, attraverso il progetto *Cariplo Social Innovation*.



MANIFESTAZIONE DI INTERESSE



VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ

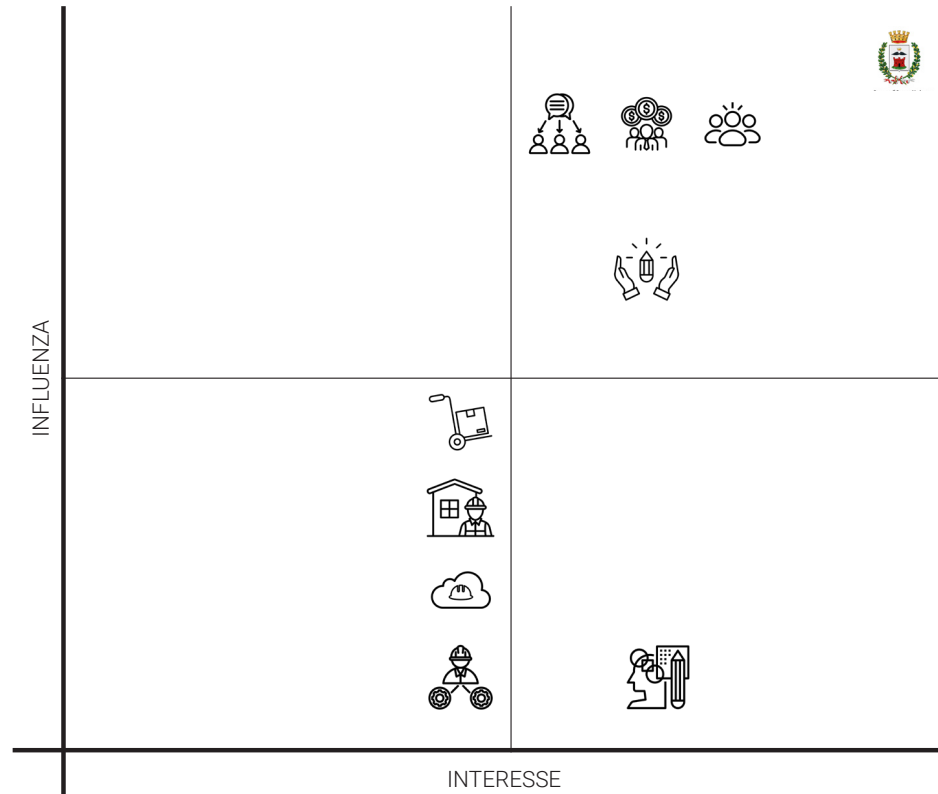
Fig. 5.11. Matrice influenza - interesse per la manifestazione di interesse

Fig. 5.12. Matrice influenza - interesse per la fattibilità

5.5.2. FASE DI PROGETTO

La fase di progetto è stata suddivisa a sua volta in: bando, che è stato effettivamente promulgato dal comune, dove sono stati individuati i soggetti promotori; concorso, dove i professionisti ricoprono una veste attiva, insieme alla giuria principalmente composta dai soggetti promotori; pianificazione con la stesura del progetto esecutivo, che vede partecipi tutti i professionisti necessari alla realizzazione del centro culturale.

CONCORSO



PIANIFICAZIONE

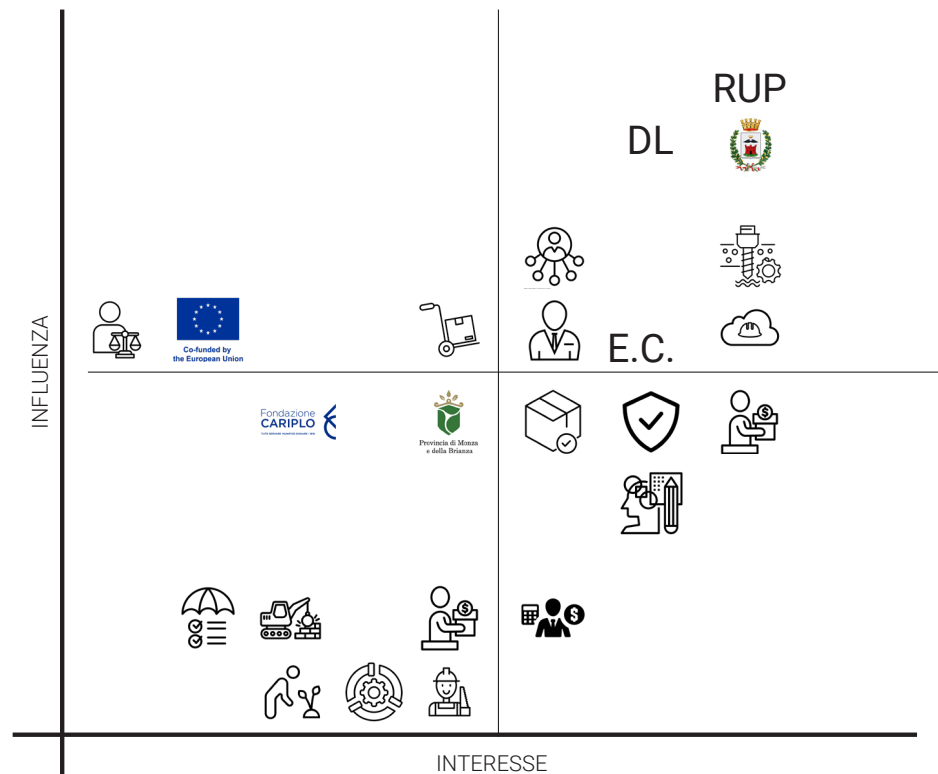
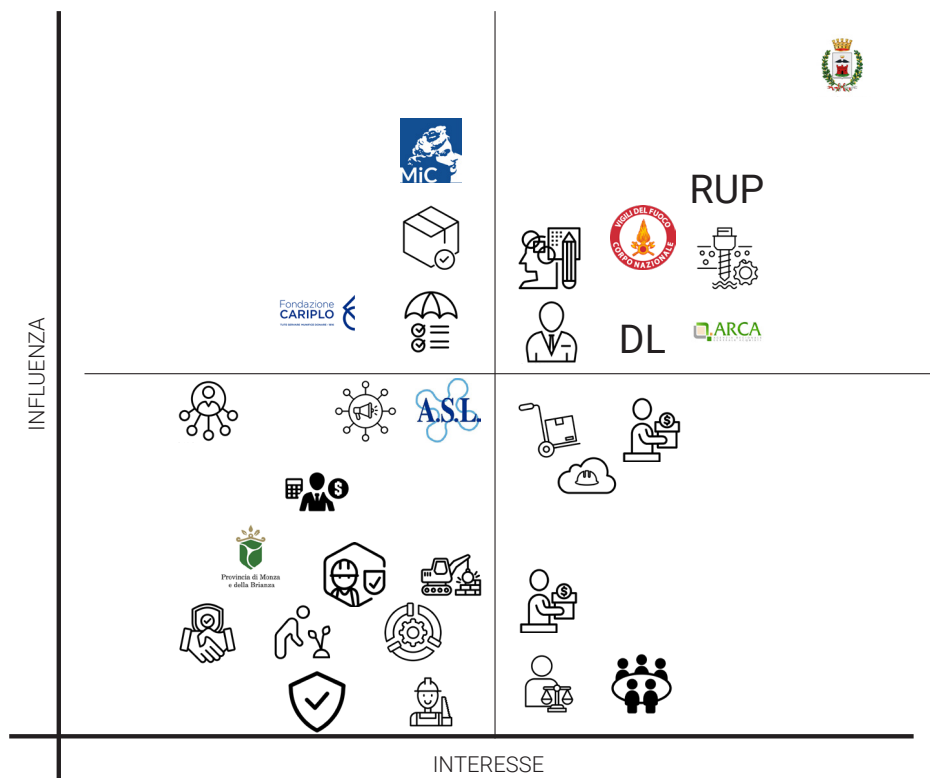


Fig. 5.13. Matrice influenza - interesse per il concorso

Fig. 5.14. Matrice influenza - interesse per la pianificazione

5.5.3. FASE DI ESECUZIONE

In fase di esecuzione si sono aggiunti alcuni soggetti coordinatori o di controllo, fondamentali per il corretto svolgimento dei lavori.



5.5.4. FASE DI CHIUSURA

La chiusura del progetto e la conseguente inaugurazione possono avvenire solo a seguito del superamento dei controlli, certificato dai diversi enti richiesti e coinvolti. La matrice seguente riguarda entrambe le fasi, e coloro da cui dipende la fase di chiusura sono stati evidenziati in rosso

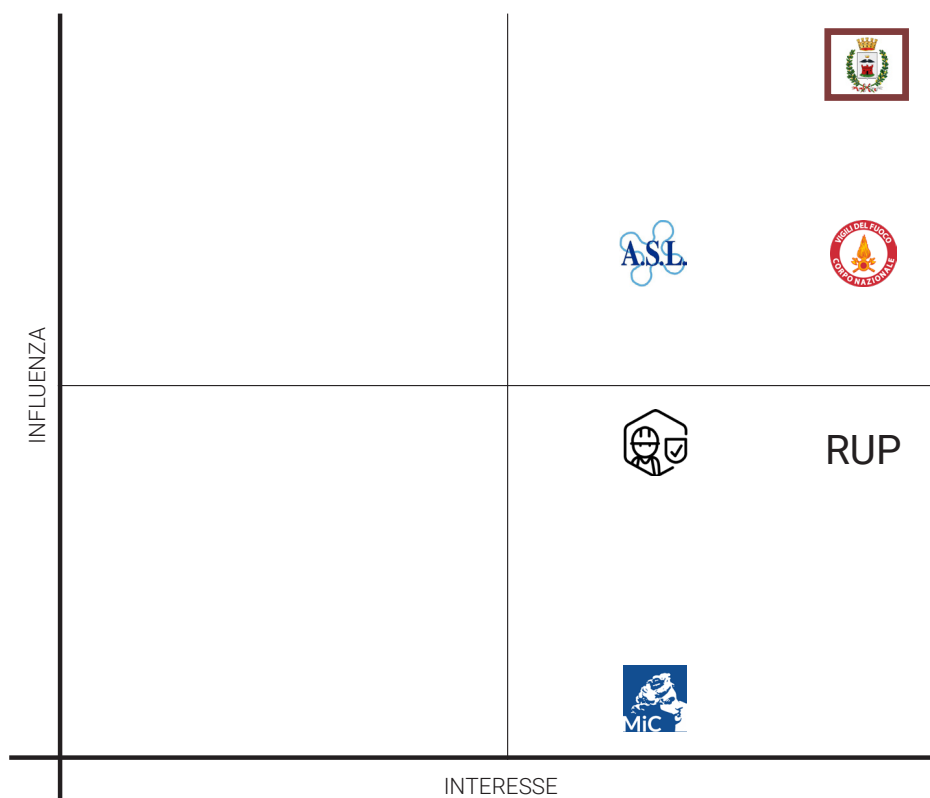


Fig. 5.15. Matrice influenza -
interesse per la fase di esecuzione
Fig. 5.16. Matrice influenza -
interesse per la fase di chiusura

5.5.5. FASE DI ESERCIZIO

Infine, nonché fase più importante rispetto alla tesi considerata e per la buona riuscita del centro culturale la fase di esercizio. In questo caso sono stati considerati sia gli utenti, sia coloro che si dovranno occupare della gestione del bene

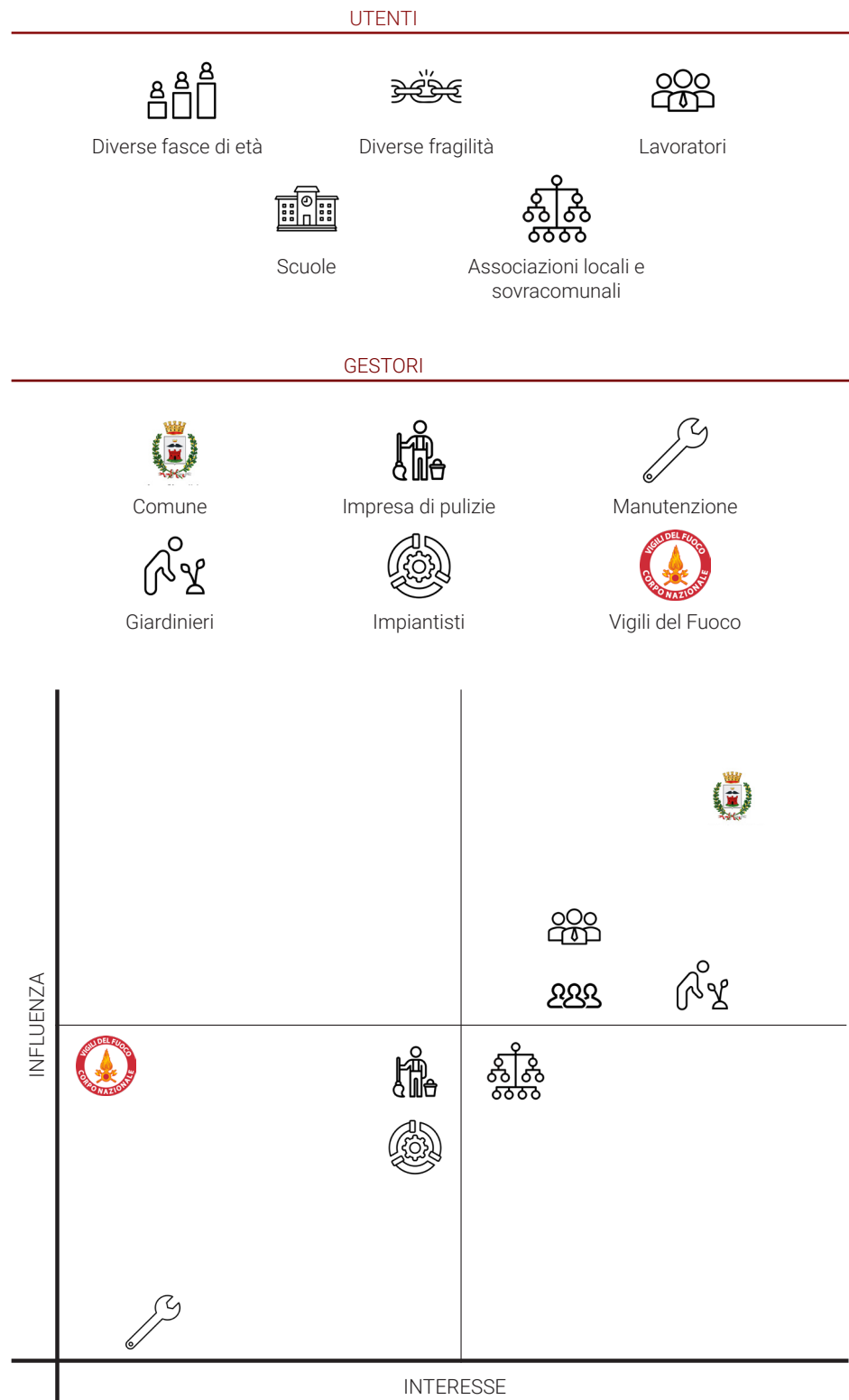


Fig. 5.17. Matrice influenza - interesse per la fase di esercizio.

5.6 LA VISIONE STRATEGICA

Il progetto si propone di realizzare un nuovo centro culturale nella città brianzola, concepito come un luogo aperto, accessibile e dinamico, capace di rispondere alle esigenze di una comunità eterogenea. Alla base dell'intervento vi è l'idea che la diffusione della cultura debba essere capillare ed inclusiva, superando ogni barriera fisica, sociale e simbolica per permeare il territorio e coinvolgere l'intera cittadinanza. Non si tratta solo di garantire l'accesso alle risorse culturali, ma di creare un legame profondo e duraturo tra le persone, gli spazi e le attività proposte, favorendo l'incontro, il dialogo e la condivisione, con lo scopo di suscitare un senso di appartenenza collettivo.

Questo approccio va oltre la dimensione culturale, ad esso si aggiungono gli obiettivi di sostenibilità, sia ambientale che sociale.

In quest'ottica, la psicologia architettonica fornisce i principi di valutazione per ottenere un edificio che ponga al centro l'utente sia dal punto di vista fisico, sia psicologico; non solo come individuo singolo, ma facente parte di una comunità complessa.

La cultura viene intesa come motore del cambiamento, capace di ispirare comportamenti più consapevoli e rispettosi verso l'ambiente, attraverso una progettazione consapevole degli spazi che includa aree verdi, infrastrutture eco-friendly e luoghi di promozione di iniziative mirate alla sostenibilità e all'educazione ambientale. Guidato dai principi psicologici il progetto mira a rendere il territorio più vivibile e resiliente, non solo attraverso il miglioramento della qualità dell'ambiente fisico, ma anche stimolando la partecipazione attiva e la valorizzazione degli spazi da parte della comunità stessa. In questo contesto, la cultura diventa quindi il fulcro per rafforzare il senso civico, promuovere pratiche di progettazione integrata e favorire un equilibrio armonioso tra relazioni umane, qualità urbana e rispetto per l'ambiente.

A partire dalle analisi territoriali e dalla fase di sintesi, sono stati sviluppati ragionamenti che hanno permesso la stesura dell'OSA (Obiettivi, Strategie e Azioni) che sarà alla base della progettazione, per applicare i concetti definiti nel capitolo precedente al luogo specifico.

Gli obiettivi individuati sono il sistema di mobilità sostenibile, l'inclusività sociale e gli spazi verdi sostenibili; ciascuno di essi è stato poi sviluppato con strategie e ciascuna strategia con azioni.

L'obiettivo di realizzare un sistema di mobilità sostenibile si pone lo scopo di incentivare l'uso e lo sviluppo della mobilità lenta che favorisca la riduzione delle emissioni di CO₂ e incentivi l'utilizzo di mezzi di trasporto a basso impatto ambientale, migliorando la qualità della vita dei cittadini e rendendo il territorio più accessibile e vivibile.

L'obiettivo di inclusività sociale - invece - si propone di progettare un luogo che innesti un asset di attività culturali che attivino la popolazione, rivolte a tutte le fasce di età e a tutte le culture, in modo da generare maggiore coesione sociale per ottenere una comunità coesa e forte.

Infine, l'obiettivo di realizzare un ambiente sostenibile si propone di favorire l'integrazione di spazi verdi nel tessuto urbano, per migliorare la qualità dell'ambiente, contribuire al benessere dei cittadini e promuovere uno stile di vita sostenibile. Gli spazi verdi devono essere progettati per ridurre l'impatto ambientale, supportare la biodiversità e fungere da luoghi di aggregazione per la comunità.

OBIETTIVI, STRATEGIE E AZIONI

5.7. CONCEPT MAP

A partire dalle strategie ipotizzate nella OSA, è stata realizzata la concept map.

L'intervento principale a scala urbana si basa sull'introduzione di un sistema di connessione unitario, articolato su un asse principale e un sistema secondario. L'asse principale collega il centro storico al Parco delle Groane attraverso una ciclopeditonale immersa nel verde, che attraversa l'area di progetto e consente di raggiungere il parco in circa venti minuti a piedi. Per superare la barriera costituita dalla ferrovia, è stato previsto un sovrappasso percorribile sia a piedi che in bicicletta, situato nei pressi dell'area interessata.

Il sistema secondario, invece, mira a rendere più accessibile l'intero territorio comunale, integrando e ampliando la rete ciclabile esistente, frammentata e discontinua. Questo obiettivo è stato raggiunto tramite l'estensione dei percorsi esistenti, l'aggiunta di nuovi tratti ciclabili e di attraversamenti più sicuri e ben segnalati. Tutti i percorsi sono affiancati da viali alberati, favorendo la continuità del verde pubblico, anch'esso attualmente frammentato.

Unico intervento sulla viabilità veicolare è stato nel tratto adiacente all'area di progetto, trasformando l'area in una zona 30 per garantire maggiore sicurezza.

Il lotto di progetto si configura come un nuovo fulcro urbano per la città, assumendo un ruolo strategico sia dal punto di vista funzionale sia spaziale.

Fig. 5.18. Estratto della tavola
"Concept map" - Rif. tav. 18



Oltre al nuovo centro culturale, elemento cardine dell'intervento, l'area ospita una piazza pubblica ed un'ampia area verde attrezzata che contribuisce all'ampliamento ed alla continuità del sistema del verde pubblico esistente, favorendo la fruizione collettiva degli spazi e rafforzando la qualità urbana complessiva del contesto. Le funzioni con cui è stato attrezzato il verde sono molteplici, con lo scopo di attirare e toccare i diversi punti di interesse della popolazione.

5.8. ANALISI DEL LOTTO DI PROGETTO

Il lotto di progetto si configura in una posizione molto strategica rispetto ai temi sopra presentati. Questo - infatti - si pone in una zona di transizione tra l'ambiente esclusivamente residenziale del centro storico a est e una zona con presenza di numerosi impianti industriali e commerciali a ovest.

L'intero isolato interessato dalla riqualificazione urbana ha una superficie netta di circa 18.500 metri quadri e, ad oggi, è utilizzato nella parte nord come parcheggio di servizio per la ferrovia, mentre la restante parte versa da anni in uno stato di abbandono. In passato, nel lotto di progetto prendeva forma un'importante sede di un'industria, successivamente abbattuta e lo spazio mai più rifunzionalizzato. In questa zona è anche presente una villa di rilievo storico e architettonico su cui la sovrintendenza ha posto diversi vincoli per la sua conservazione e riutilizzo futuro.

In particolare, lo spazio urbano in cui collocare il progetto per il nuovo centro culturale di Cesano Maderno è confinato su tutti lati da strade a senso unico, sul lato est è presente la via che conduce alla vicina stazione, la quale affianca proprio il tracciato dei binari. Questo ci ha portato, in fase di progettazione, a confrontarci con diversi vincoli imposti dai regolamenti edilizi: il rispetto della distanza di 15 metri dagli edifici preesistenti e di 30 metri dai confini della ferrovia.

In definitiva, il progetto non si configura solamente come un semplice intervento di recupero edilizio, ma come l'opportunità di recuperare una profonda frattura urbana. Attraverso il dialogo tra la memoria storica della villa vincolata e le nuove esigenze collettive, l'intervento punta a trasformare un'area oggi marginalizzata in un nuovo fulcro di connessione, restituendo alla comunità di Cesano Maderno uno spazio vitale, inclusivo e strategicamente rigenerato.

PARTE III

IL PROGETTO

ARCO è la sintesi operativa di tutto ciò che è stato studiato nelle parti precedenti. Partendo dal concept in cui i principi della psicologia architettonica si traducono in forma attraverso l'arco strutturale, il giardino interno e la copertura verde, questa terza parte documenta il processo progettuale nelle sue diverse scale e discipline: dalla distribuzione funzionale degli spazi alla modellazione parametrica con Grasshopper, dal dimensionamento della struttura primaria in legno lamellare, agli impianti e alle soluzioni tecnologiche; dallo studio del comfort esterno e della luce, all'analisi specifica degli spazi funzionali per studio e coworking. Ogni scelta, dall'impianto planivolumetrico al dettaglio d'arredo, risponde all'obiettivo centrale: fare di ARCO un luogo di benessere ed incontro per tutti.

6. IL PROGETTO ARCHITETTONICO

6.1. CONCEPT

Le analisi a scala urbanistica hanno consentito di individuare i principali flussi di accesso al lotto. La presenza della stazione a nord ha portato a stabilire che il flusso principale di utenti potesse arrivare proprio da lì mentre, al fine di ricollegare il centro storico alla zona di progetto e alla parte est della città, separata fisicamente dalla ferrovia, è stata prevista la realizzazione di un sovrappasso ciclopedonale. Questo elemento non solo garantisce un altro punto di accesso al lotto, ma cerca di ricucire la frattura fisica causata dalla presenza del tracciato ferroviario. Il percorso, una volta fuori dai confini della zona di progetto, continua verso la vicina stazione, per poi cercare di collegare tutti questi luoghi con il Parco delle Groane a est.

Dopo aver compreso gli accessi principali all'area, si è ipotizzato l'ingombro massimo a terra dell'edificio, calcolato anche tenendo in considerazione i vincoli urbanistici e ferroviari imposti dai regolamenti. Questa superficie - però - entra in contatto con la preesistenza di Villa Boga, un edificio storico di inizio Novecento posto in vincolo dalla sovrintendenza e che versa in stato di abbandono. Questo distacco la mantiene un elemento riconoscibile all'interno del sistema, con la quale il progetto dialoga senza però sovrapporsi. Per questo motivo, si è deciso di sottrarre all'impronta dell'edificio una porzione circolare, con l'obiettivo di evidenziarne la presenza e garantire un'area di rispetto alla villa. I suoi spazi sono stati ipotizzati come destinazione d'uso a uffici, integrandola così nel sistema funzionale del polo culturale.

Successivamente, si è scelto di procedere con il medesimo principio per definire ed inserire le funzioni pubbliche esterne. Queste hanno lo scopo di rispondere per prime alle esigenze comunali evidenziate dalle analisi, in modo da generare un polo attrattivo per la città anche negli spazi esterni dell'edificio di progetto. Per esempio, si è sottratto una superficie per garantire una porzione di lotto alla grande piazza pubblica a nord-est, in corrispondenza del principale punto di accesso dalla stazione. Successivamente, si è reiterato questo processo per definire lo spazio dedicato al parco giochi a nord, un'importante area verde a ovest e, infine, un'area sportiva attrezzata nella porzione sud del lotto.

Presa in considerazione la grande importanza che la psicologia architettonica affida al campo della biofilia e al rapporto con la natura, si è sottratto un ulteriore volume centrale circolare per l'inserimento di un giardino interno, cuore del progetto che garantisce uno spazio esterno di pertinenza del centro culturale. Questo vuoto centrale permette di essere in costante contatto con la natura, da ogni angolazione e anche una volta all'interno dell'edificio.

Per accentuare ulteriormente la percezione del giardino come nucleo principale e per essere in linea con le indicazioni della psicologia architettonica sull'importanza degli spazi aperti e privi di eccessive partizioni, si è scelto di optare per una struttura open space, caratterizzata da una pianta completamente libera. Questo è stato possibile grazie all'utilizzo di ampie travi ad arco in legno lamellare che hanno origine dal giardino interno e giungono fino al perimetro esterno dell'edificio definito in precedenza.

FLUSSI

VINCOLI URBANISTICI

FUNZIONI ESTERNE

GIARDINO INTERNO

STRUTTURA AD ARCHI

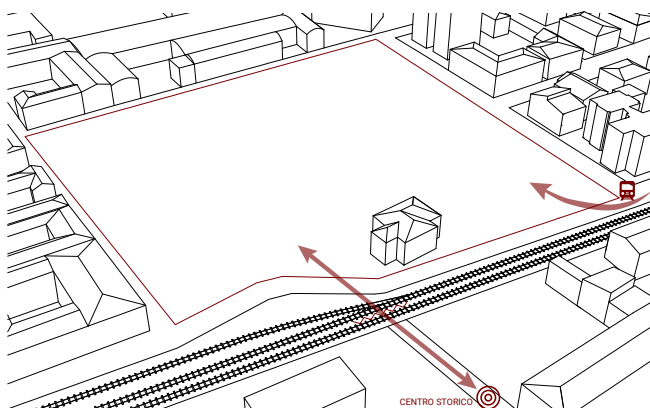
COPERTURA VERDE

Questa struttura sorregge una copertura verde non praticabile che, partendo da terra, configura l'edificio come una sorta di collina naturale, al fine di suscitare sicurezza negli utenti per la vicinanza alla conformazione biomorfa. Inoltre, la scelta di una forma non convenzionale risponde al principio documentato dalla psicologia secondo cui un edificio dalla geometria complessa tende ad attirare l'attenzione e stimolare la curiosità, generando mistero ed invogliando in questo modo l'utente a entrarci in contatto.¹⁵⁹

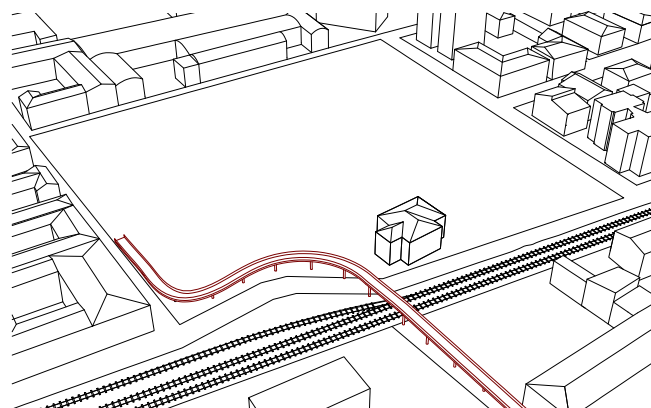
PARCO ESTERNO

A completamento dei concetti primari che hanno dato origine alla conformazione del progetto, troviamo ancora una volta l'importanza degli elementi naturali, in quanto favoriscono il recupero cognitivo ed emotivo, rigenerando la mente e generando un senso di benessere e tranquillità. Per questo motivo, la maggior parte del lotto è stato progettato verde e naturale, grazie all'inserimento di numerose aiuole e zone boschive, presenti anche nel giardino centrale.

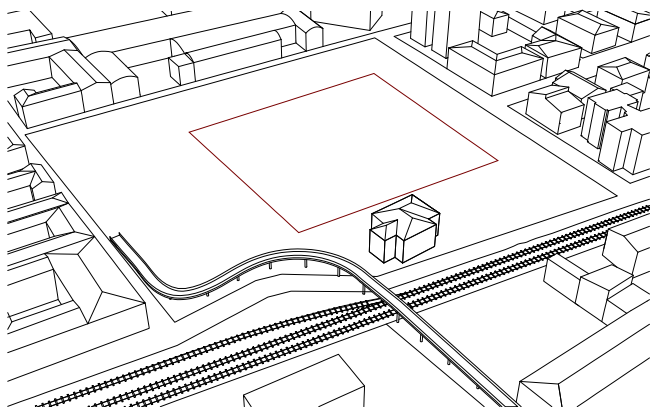
In questo modo è stata definita l'immagine principale di ARCO, sulla base delle necessità e delle sensazioni che il progetto voleva suscitare nelle persone, utilizzando gli studi svolti nel campo della psicologia architettonica come parametro di riferimento e come vero e proprio strumento operativo.



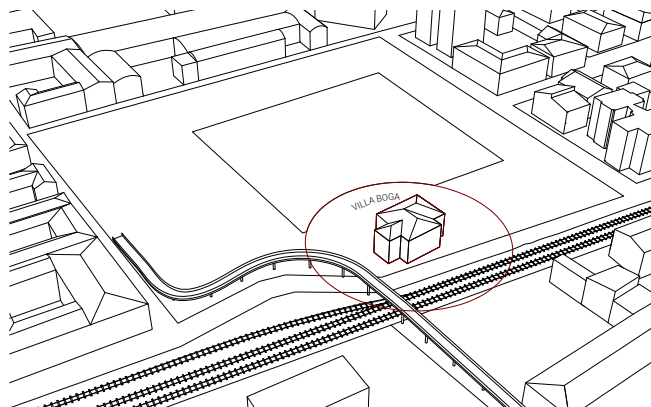
1. Individuazione dei flussi | Stazione e Centro storico



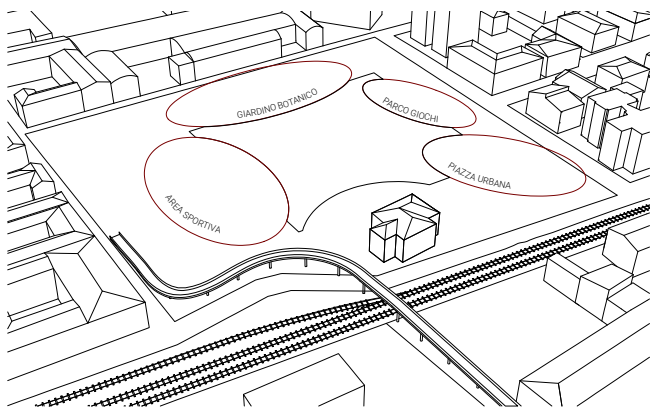
2. Sovrappasso ciclopeditonale | Superamento della ferrovia



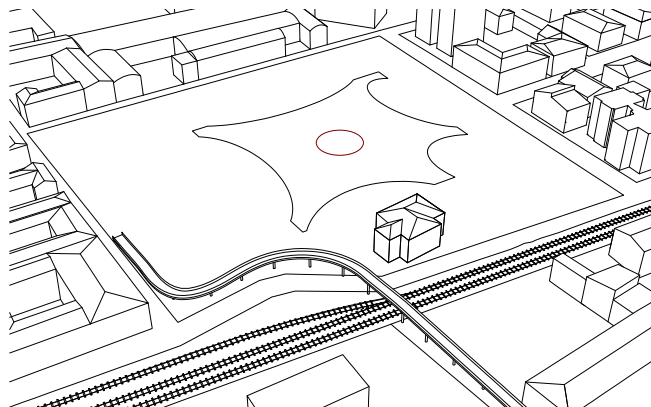
3. Vincoli urbanistici | Estensione massima dell'edificio in pianta



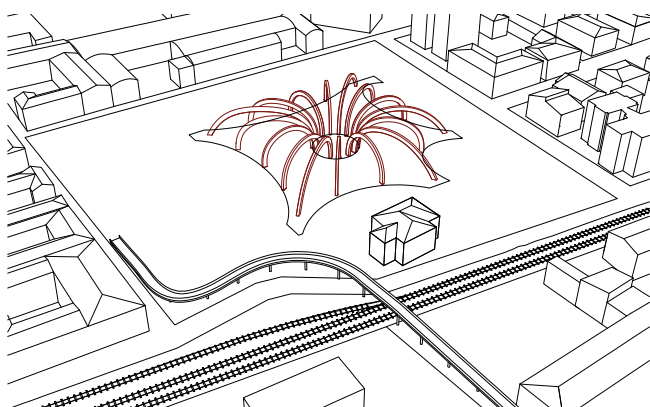
4. Relazione con la preesistenza | Villa Boga



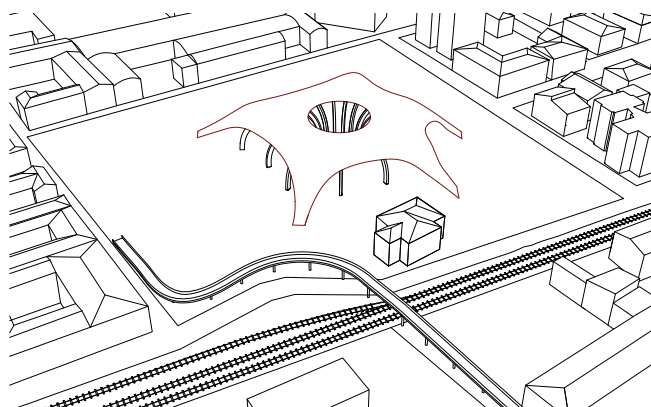
5. Funzioni esterne | Piazza urbana, parco giochi, giardino botanico e area sportiva



6. Fulcro dell'edificio | Giardino interno



7. Struttura portante | Archi in legno lamellare



8. Copertura | Tetto verde non praticabile

6.2. PLANIVOLUMETRICO

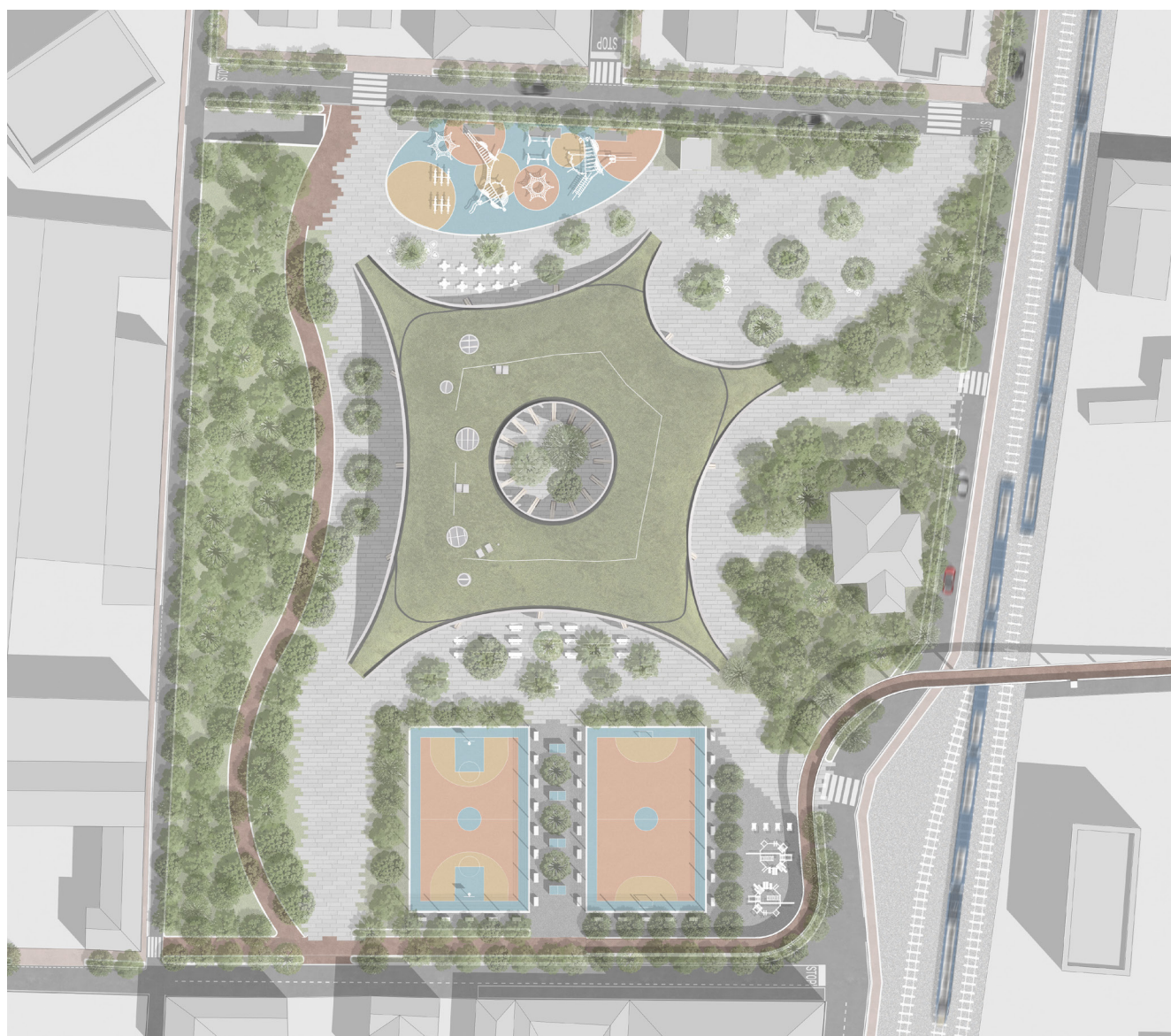
Le molteplici funzioni sociali esterne come il parco giochi, i campi multisport, il percorso vita, le postazioni per lo studio e la piazza pubblica sono state inserite nell'ottica di rendere l'area attrattiva e vissuta anche nei diversi orari della giornata. Infatti, garantire la presenza in parallelo di funzioni rivolte alle diverse fasce di età favorisce la coesione sociale. Queste risultano essere circoscritte visivamente e funzionalmente dai bracci verdi dell'edificio, i quali, a loro volta, si integrano con il disegno del verde circostante.

L'area di progetto si configura quindi come un sistema unitario, in cui il verde è predominante e si assimila completamente con l'edificio di progetto e le aree esterne individuate.

La scelta è stata dettata dalla progettazione biofilica che, come riportato nel capitolo precedente, riconosce nella presenza della natura uno degli strumenti più efficaci secondo la ART¹⁶⁰: riduce i livelli di stress, favorisce il recupero cognitivo e l'attenzione diretta, aspetti molto importanti da considerare nella progettazione di un centro culturale. Ciò si è tradotto nella volontà di fornire all'utente la possibilità di mantenere o addirittura migliorare il proprio stato di benessere, già dai primi momenti di approccio al lotto. L'obiettivo che ci ha

Fig. 6.2. Estratto della tavola
"Planivolumetrico" - Rif. tav. 21

160 Attention Restoration Theory di Kaplan e Kaplan



guidato in tutto il processo di progettazione architettonica è stato quello di cercare di realizzare un luogo che sia fonte di benessere, sia per gli utenti che per i suoi lavoratori.

Grazie alla scelta di destinare gran parte del lotto a superfici permeabili, siamo stati in grado di rispondere alla necessità crescente di mitigazione del rischio idrogeologico, individuato in fase di analisi territoriale. Inoltre, si è posta un'attenzione particolare al materiale della pavimentazione esterna, scelto sulla base della sua capacità drenante, riducendo ulteriormente il coefficiente di deflusso superficiale dell'intera area di progetto.

Il parco naturale che occupa la porzione di ovest è fonte di ombreggiamento per il percorso ciclopedonale che lo attraversa, ed è pensato come un richiamo al Parco delle Groane, situato a poca distanza in quella stessa direzione. Questo spazio mantiene anche una funzione culturale grazie all'inserimento di essenze autoctone corredate di descrizioni botaniche, oltre a sedute e tavoli per la lettura all'aperto.

L'edificio di progetto, quindi, si colloca al centro di queste funzioni, che entrano all'interno del suo perimetro originario, lasciando che esso vada a definirle e proteggerle, integrandole con il progetto sia dal punto di vista logico che fisico.

6.3. PROGETTO E DISTRIBUZIONE FUNZIONALE

La definizione degli spazi interni ha avuto origine dall'analisi del programma funzionale, per il quale ci si è affidati, prima di tutto, al programma biblioteconomico esistente¹⁶¹. Questo ci ha permesso di individuare le dimensioni minime degli spazi e le funzioni già previste in fase preliminare dal comune. In una seconda fase, il programma è stato integrato e ampliato sulla base dell'analisi dei casi studio delle biblioteche moderne approfondite in fase di studio, di cui si riporta un estratto al capitolo 1. Le funzioni sono state selezionate e adattate al contesto di Cesano Maderno, tenendo conto del bacino di utenza e della composizione demografica emersa nell'analisi territoriale.

Una volta identificate, le funzioni sono state suddivise sulla base delle esigenze specifiche, come la necessità di un apposito isolamento acustico (auditorium, sala musica, aula videogiochi, aula podcast) e gli spazi di servizio come i locali annessi all'area ristoro, i bagni, lo spazio di back-office del bancone. Questi ambienti sono stati raggruppati tra loro e ridistribuiti sui diversi livelli seguendo la logica distributiva per cui al piano terra si dovessero trovare spazi più sociali, mentre ai piani superiori spazi progressivamente più privati. Questo principio è stato seguito al fine di garantire una continuità funzionale tra interno ed esterno.

L'obiettivo di questo raggruppamento era quello di limitare e confinare le porzioni opache, in modo da mantenere e garantire quanto più possibile la permeabilità visiva dell'open-space. Infatti, le sale che non richiedono un isolamento acustico specifico, ma solo una condizione più isolata rispetto alle funzioni circostanti, sono state delimitate il più possibile da facciate continue in un'ottica di trasparenza e dialogo. Come indicato dalle ricerche sugli ambienti lavorativi, soluzioni trasparenti come le partizioni in vetro consentono di mantenere l'apertura visiva e il passaggio della luce naturale, riducendo al contempo il senso di isolamento e sono particolarmente efficaci nei contesti in cui è importante bilanciare la sfera individuale con quella collettiva.

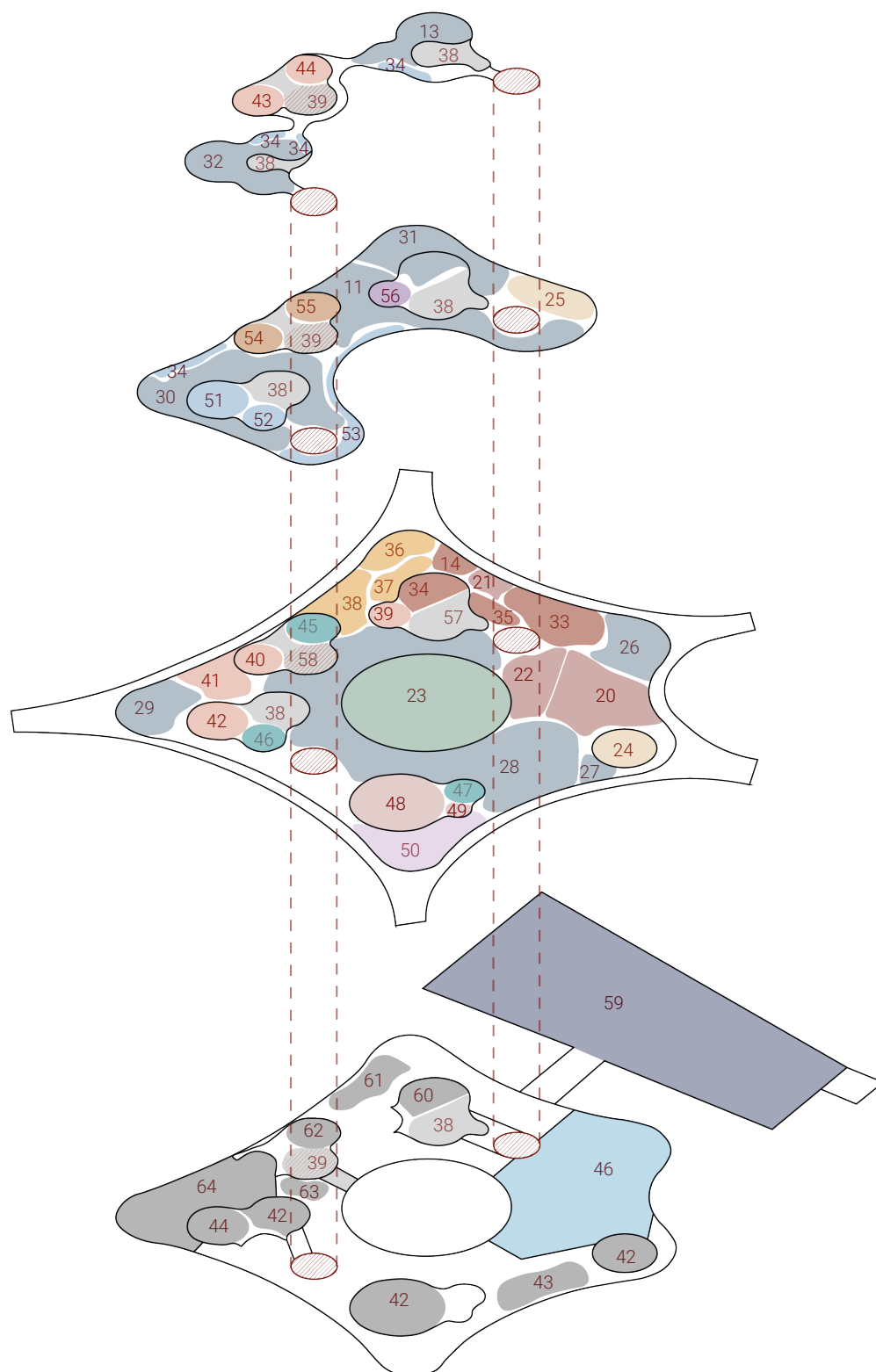
Nei casi in cui le partizioni opache risultano essere inevitabili, sono state trasformate in torri di libri. Questi elementi caratterizzano il progetto e, anziché configurarsi come semplici pareti cieche, diventano scaffalature integrate a

161 Alessandro Agustoni, *Una nuova biblioteca per Cesano Maderno: Progetto biblioteconomico* (cap. 1/7), relazione tecnica non pubblicata, Comune di Cesano Maderno, novembre 2019

tutta altezza. Questa scelta ha una doppia valenza: da un lato rende la partizione opaca un elemento architettonico riconoscibile, mentre dall'altro libera l'open space dalla scaffalatura diffusa, consentendo di utilizzare nella pianta libera scaffali più bassi, a misura di persona. Come indicato dalla biofilia, limitare l'altezza delle partizioni consente di vedere attraverso lo spazio, ampliando la percezione dell'ambiente e riducendo la sensazione di confinamento.

La geometria delle partizioni e dei percorsi interni segue il principio, ampiamente documentato in letteratura, per cui le forme curvilinee tendono a ricondurre il pensiero a forme naturali, stimolano la creatività e la socialità. Le forme rigide e squadrate, invece, sono più adatte a favorire concentrazione e attenzione su compiti ripetitivi. Questo principio è stato applicato all'intero edificio, senza però irrigidire la visione d'insieme: nei casi in cui la teoria indica la preferenza per linee rette (come nelle sale studio, analizzate nel dettaglio nei capitoli seguenti), questa regolarità è garantita dalle partizioni interne alle torri di libri, senza alterare il carattere organico complessivo degli elementi.

In questo sistema fa eccezione solo il piano interrato, dove le forme organiche sono legate prettamente ad esigenze strutturali dei piani superiori. Questo piano ospita infatti il parcheggio pubblico, l'archivio bibliotecario e comunale e tutti i locali tecnici ed impiantistici, evitando di avere questi elementi in copertura.



INGRESSO

- 01 Foyer di ingresso | 111 mq
- 02 Ingresso secondario | 21 mq
- 03 Area novità | 70 mq

AREA ESTERNA

- 04 Giardino interno | 340 mq

BANCONE

- 05 Bancone d'ingresso | 51 mq
- 06 Bancone piano superiore | 43 mq

SCAFFALE APERTO

- 07 Emeroteca | 102 mq
- 08 Biblioteca delle cose | 21 mq
- 09 Scaffale aperto piano terra | 980 mq
- 10 Area botanica | 63 mq
- 11 Scaffale aperto piano primo | 658 mq
- 12 Giovani adulti | 133 mq
- 13 Scaffale aperto piano secondo | 180 mq

AREA RISTORO

- 14 Tavolini bar | 99 mq
- 15 Bar con cucina | 43 mq
- 16 Area giochi da tavolo | 29 mq

AREA BIMBI

- 17 Area bimbi 0-6 anni | 60 mq
- 18 Ludoteca | 18 mq
- 19 Area bimbi 7-13 anni | 65 mq

AULE CREATIVE

- 20 Living library | 20 mq
- 21 Aula laboratorio | 27 mq
- 22 Laboratorio d'arte | 43 mq
- 23 Aula di musica | 58 mq
- 24 Aula creazione digitale | 27 mq
- 25 Aula podcast | 23 mq

AULE VIDEO

- 26 Aula videogame | 30 mq
- 27 Aula computer | 25 mq
- 28 Aula proiezioni | 16 mq

SALA CONFERENZE

- 29 Auditorium | 85 mq
- 30 Deposito | 5 mq

AREA ESPOSITIVA

- 31 Mostre temporanee | 100 mq

AREA STUDIO

- 32 Sala studio | 42 mq
- 33 Sala studio | 23 mq
- 34 Carrel | 35 postazioni

AREA COWORKING

- 35 Sala coworking | 27 mq
- 36 Sala coworking | 30 mq

SALA CONSULTAZIONE

- 37 Aula consultazione | 20 mq

SPAZI SERVENTI

- 38 Spazi di servizio | 270 mq
- 39 Scale antincendio | 151 mq

AREA DI SOSTA

- 40 Parcheggio pubblico | 1025 mq

LOCALI TECNICI

- 41 Unità di Trattamento Aria | 188 mq
- 42 Vasche di raccolta delle acque meteoriche | 84 mq
- 43 Pompa di calore | 30 mq
- 44 Vasca per l'antincendio | 15 mq
- 45 Locale elettrico | 200 mq

ARCHIVIO

- 46 Archivio bibliotecario e comunale | 472mq

Fig. 6.3. Estratto della tavola "Distribuzione funzionale" - Rif. tav. 22

6.3.1. PIANO TERRA

Nei piani fuori terra la distribuzione verticale delle funzioni riflette una logica sempre più affermata nelle biblioteche contemporanee: non più solo luogo di studio, ma centri per la cultura e per lo svago a tutti gli effetti.

Il piano terra accoglie le funzioni a maggiore valenza sociale e collettiva, con l'obiettivo di creare una piazza coperta, cercando di creare una continuità funzionale tra lo spazio esterno e quello interno.

INGRESSO

L'ingresso all'edificio è posto a nord-est, in corrispondenza della piazza urbana. Questo spazio, insieme al foyer di ingresso, ha richiesto un'attenzione progettuale specifica per rispettare i principi di psicologia architettonica precedentemente analizzati. In particolare, l'accesso al centro culturale avviene tramite una bussola, la quale non funge soltanto da filtro termico e acustico ma, come documentato nel caso dei Meggie's Center, aiuta a creare un ambiente di ingresso meno intimidatorio, soprattutto per i nuovi utenti che non conoscono lo spazio. Questo è possibile grazie alla sua dimensione raccolta e alla sua copertura opaca posta a 2,70 metri che permette di favorire una sensazione di accoglienza e controllo prima di entrare ufficialmente nel volume principale più alto, modulando gradualmente la percezione dello spazio.¹⁶²

Fig. 6.4. Estratto della tavola
"Pianta piano terra" - Rif. tav. 24

162 Heatherwick Studio, Maggie's Centre Leeds (2020).



Il foyer - come tutti gli altri spazi collocati nel blocco est dell'edificio - sono stati concepiti con un soffitto a tripla altezza, al fine di rispondere a precise indicazioni della psicologia architettonica. In particolare, come evidenziato negli studi sugli ambienti museali, la percezione visiva immediata dell'intera sezione dell'edificio consente all'utente di orientarsi sin dai primi istanti, riducendo lo spaesamento tipico dell'ingresso in un luogo nuovo e sconosciuto e garantendo al visitatore maggiore consapevolezza dello spazio in cui si trova. Attraverso una visuale ampia, indicazioni chiare e configurazioni leggibili si migliora sensibilmente l'esperienza dell'utente¹⁶³. Risulta essere quindi importante progettare e posizionare con attenzione i totem e gli elementi grafici per aiutare l'orientamento dell'utente all'interno dello spazio. La perdita di controllo spaziale - infatti - è tra le principali fonti di stress in ambienti pubblici complessi¹⁶⁴.

FOYER

Subito di fronte all'ingresso è presente l'area novità, caratterizzata da arredo diffuso e modulabile per rispondere alle diverse esigenze di ottimizzazione dello spazio. L'elemento principale di questa zona è un tavolo dalle forme curve che funge da espositore per i nuovi volumi e le nuove uscite, poste nelle immediate vicinanze dell'ingresso al fine di stimolare la curiosità e l'interesse dell'utenza.

AREA NOVITÀ

Alla sinistra dell'ingresso è posto il blocco con il bancone per i prestiti e le informazioni con il rispettivo ufficio privato. La decisione di porre questo elemento laterale rispetto al flusso principale deriva dall'analisi della progettazione degli spazi bibliotecari esposta da Antonella Agnoli nella pubblicazione "Le piazze del sapere, biblioteche e libertà". Per la biblioteca di Malmö, infatti, si sono studiate diverse conformazioni e posizioni del bancone, fino a giungere al compromesso laterale. Questa soluzione limita il senso di sorveglianza costante e di controllo che gli utenti possono subire da parte del personale, evitando il passaggio obbligato davanti alle postazioni dei bibliotecari. In questo modo, i fruitori sono maggiormente invogliati a entrare nello spazio, anche solo per esplorarlo.

BANCONE

Sul lato destro rispetto all'ingresso, invece, è presente l'emeroteca, con poltrone morbide e sedute basse. Questo spazio è stato pensato come un salotto in cui avere un costante contatto con quotidiani e giornali specializzati.

EMEROTECA

L'area ristoro è posizionata in diretta correlazione con l'emeroteca e con il rispettivo spazio esterno, posto accanto alla piazza principale a nord. Ciò le permette di avere un proprio ingresso indipendente, secondario all'edificio, che rispetta la gerarchia dei percorsi prevista e permette una maggiore flessibilità di orari. Il bar con i rispettivi spazi funzionali di cucina e spogliatoio per i dipendenti sono posti all'interno degli elementi verticali in calcestruzzo, al fine di essere isolati e permettere il corretto passaggio di impianti di ventilazione. Tra le sedute interne, inoltre, sono state predisposte delle scaffalature basse contenenti giochi da tavolo e scacchi, in modo da creare una zona ludoteca integrata con i tavoli della zona ristoro.

ZONA RISTORO

Accanto a questa area si sviluppa l'area dedicata ai più piccoli, direttamente antistante al parco giochi esterno e alla zona per le sedute dell'area ristoro. La scelta di porre l'area bambini in questa parte di edificio deriva dall'obiettivo di arginare le zone potenzialmente più rumorose in un unico punto; inoltre, la vicinanza con il bar permette un maggiore controllo da parte del personale e dei genitori. L'area bambini tra 0 e 6 anni ha richiesto un'attenzione specifica con colori differenti, una pavimentazione più morbida, sedute dimensionate appositamente ed un piccolo spazio con dislivelli variabili, che incentivano il gioco e la curiosità.

AREA BIMBI

163 ICOM (1948)

164 Ulrich (1999)

Le aree destinate ad ogni età (fino all'area bambini dai 7 ai 13 anni) sono poste in continuità una accanto all'altra per assecondare il percorso di crescita, senza provocare uno stacco improvviso, accompagnando i piccoli utenti nella loro personale crescita culturale. Questi spazi sono stati pensati con l'obiettivo di abbattere il pregiudizio tradizionale che la biblioteca sia solo un luogo di studio. Infatti, per renderli più attrattivi e giocosi, sono stati inseriti diversi elementi funzionali e di arredo. Per esempio, i gradoni addossati al blob contenente le scale antincendio, favoriscono il dialogo e la socialità invitando gli utenti a sostare e relazionarsi tra loro.

LIVING LIBRARY

Tutta questa zona si sviluppa attorno alla living library, un apposito spazio chiuso per la condivisione di esperienze e letture ad alta voce, in un ambiente rilassato ed informale. Anche in questo caso, le sedute sono gradoni rivestiti con moquette e l'isolamento acustico è garantito attraverso l'installazione di una facciata continua. Per motivi di privacy e di comfort, sono state ipotizzate delle tende a rullo manuali per il controllo della luce.

AULA VIDEOGAME

Nelle immediate vicinanze, all'interno di una delle tre torri di libri, è posta anche la sala per i videogiochi. Il suo posizionamento deriva dalla volontà di andare incontro all'interesse dei giovani, abbattendo la barriera dell'isolamento e della solitudine, sensazione sempre più percepita dalle nuove generazioni, e favorendo piuttosto la condivisione attraverso il gioco.

AULE CREATIVE

Dal lato opposto rispetto all'aula videogame sono presenti gli spazi laboratoriali, inseriti cercando di intercettare molteplici interessi e con l'obiettivo di rispondere alle necessità di tutte le generazioni. Questi spazi sono progettati in maniera eterogenea: alcuni - per un'esperienza più privata e isolata (come nel caso dell'aula di musica) - sono inseriti all'interno delle torri di libri, mentre altri sono posti nel grande open space. La divisione spaziale, nell'ultimo caso, è garantito dall'utilizzo di scaffalature basse su ruote, le quali delimitano l'area laboratori dallo scaffale aperto circostante senza, però, un completo isolamento visivo. Questa soluzione risulta essere anche modulabile sulla base delle esigenze della singola attività laboratoriale.

AULA PC

Un altro esempio di spazio più raccolto è l'aula pc, in cui possono essere svolti laboratori anche per gli utenti più anziani, oltre che semplice consultazione di siti internet.

Le funzioni appena analizzate sono disposte all'interno di due torri di libri differenti: in quella contenenti le scale antincendio, posta più a est, sono inserite l'aula computer e l'aula per i laboratori. Nella restante torre, invece, hanno luogo l'aula di musica e l'aula computer, oltre che i servizi igienici.

Al piano terra è presente anche un quarto elemento chiuso, che non si sviluppa fino alla copertura come quelle nel blocco ovest, ma arriva ad avere un'altezza massima di 5 metri. Esternamente viene comunque trattata con un rivestimento di scaffalature e, al suo interno, è posto l'auditorium da 90 posti, un piccolo deposito e l'aula cinema per le proiezioni private. Queste funzioni sono racchiuse nello stesso spazio per garantire una continuità funzionale.

AUDITORIUM

L'auditorium è alla stessa altezza del piano terra e non interrato al fine di permettere una corretta accessibilità a tutti i tipi di utenza e un deflusso sicuro in caso di incendio. Per garantire una corretta visibilità anche alle postazioni più arretrate rispetto al palco si è ipotizzata una rampa con una pendenza dolce, per sopraelevare le ultime file di posti. Anche la posizione non è casuale: il blocco è collocato al centro della zona a scaffale aperto ma in prossimità delle grandi facciate vetrate per permettere l'utilizzo degli spazi al suo interno anche oltre l'orario di chiusura del centro culturale.

AREA ESPOSITIVA

Nello spazio di risulta tra il blocco dell'auditorium e la facciata continua perimetrale è stato inserito uno spazio espositivo per mostre temporanee di circa 100 metri quadri. Questo spazio si pone in dialogo con la sala per gli eventi in quanto condividono la necessità di orari di apertura più flessibili e, in

determinati casi, potrebbe anche completare la narrazione o lo spettacolo che prende vita nell'auditorium.

Il piano terra viene completato dalla zona a scaffale aperto. L'intera area occupa la porzione centrale dell'edificio e si sviluppa intorno al giardino interno. Sono presenti numerose scaffalature di diverse altezze che seguono uno schema a raggiera, ricalcando il tracciato delle travi ad arco di copertura. Sono presenti anche differenti tipi di sedute per la lettura e la consultazione dei volumi, poste in prossimità del perimetro interno ed esterno per garantire un maggiore valore di illuminamento e una migliore esposizione ai numerosi elementi verdi presenti nell'intero lotto di progetto.

Alle spalle del bancone di ingresso, invece, trovano spazio i totem per il self check-out e la biblioteca delle cose: uno spazio per prendere in prestito utensili di uso occasionale come oggetti per il giardinaggio o la manutenzione della casa.

Gli elementi distributivi principali dell'intero edificio sono le due scale elicoidali in struttura leggera che collegano tutti i piani, dall'interrato al secondo piano. Questi elementi non sono chiusi all'interno di cavedi, ma sono visibili da quasi tutti i punti della biblioteca, aspetto che aiuta l'utente a comprendere lo spazio in cui si trova e ad evitare il disorientamento.

Tutti gli elementi e le rispettive funzioni individuate nel piano biblioteconomico inserite al piano terra si sviluppano intorno al giardino centrale. Questo importante elemento del progetto architettonico svolge diverse funzioni, sia di tipo prettamente distributivo che di comfort interno dell'utente. In particolare, il vuoto centrale permette agli spazi posti al centro del volume di ottenere due fonti di illuminamento differenti, aumentandone i valori minimi e il comfort percepito da chi li vive.

Non sono definite delle funzioni fisse per questo spazio: può essere configurato, ad esempio, per conferenze, eventi o, più semplicemente, come spazio aperto protetto dai rumori esterni per la lettura e lo studio individuale. L'accesso a questo spazio è possibile da ogni punto della pianta attraverso l'utilizzo di porte a vetri.

SCAFFALE APERTO

BIBLIOTECA DELLE COSE

GIARDINO INTERNO

6.3.2. PIANO PRIMO

Il primo piano si configura in modo totalmente indipendente rispetto al piano terra appena analizzato ed è caratterizzato da un ballatoio dalle forme curve che non ha punti in contatto con il perimetro dell'edificio. Come detto precedentemente, a questo livello sono concentrate le funzioni più tipiche della biblioteca tradizionale come le aule studio, gli spazi per la lettura e per il coworking, poste all'interno delle torri di libri che continuano con il medesimo volume del piano terra.

POSTAZIONI PER IL SELF CHECK-OUT

Utilizzando la scala posta a nord, il primo elemento che si incontra è un ulteriore bancone per il prestito, posto lateralmente al flusso e con il compito di assorbire le richieste degli utenti di questo piano. Al suo fianco trovano posto comunque le postazioni per il self check-out, utili per garantire il prestito in autonomia. Questo aspetto ha acquisito sempre più importanza nel tempo, anche grazie agli studi sulle biblioteche moderne: molte persone, infatti, sono restie a prendere in prestito il materiale disponibile per via del possibile giudizio degli altri utenti e dei bibliotecari. Garantire un accesso e un'esperienza libera e senza un eccessivo controllo, quindi, risulta fondamentale per attrarre più utenza possibile.

Fig. 6.5. Estratto della tavola
"Pianta piano primo" - Rif. tav. 25



La maggior parte della superficie di questo piano (circa 650 mq) è dedicato alla porzione di scaffale aperto, con scaffalature fluide e altezza variabile. Un'altra importante porzione è occupata dalla zona dedicata ai giovani adulti, in continuità visiva e funzionale con lo scaffale aperto per favorire l'interscambio di utenti ed evitare il loro isolamento in una specifica zona.

GIOVANI ADULTI

Nella prima torre di libri, esattamente al di sopra della living library del piano terra, è stata ipotizzata una sala consultazione per i volumi più antichi e non disponibili per il prestito. La scelta di questa posizione deriva dalla accezione più privata dell'intero piano e, soprattutto, dalla vicinanza dell'ascensore che lo collega l'archivio comunale posto al piano interrato.

AULA CONSULTAZIONE

Nel blob centrale, invece, al fianco delle scale antincendio, sono poste due aule per il coworking di circa 30 metri quadri ciascuna. I restanti spazi chiusi nell'ultima torre sono dedicati a due sale per lo studio individuale. Le scelte dell'illuminazione, dei colori, dell'arredo e della sua disposizione all'interno di questi spazi sono state studiate nel dettaglio, seguendo i principi della psicologia architettonica, e approfondite nell'ultimo capitolo del lavoro di tesi.

SALE STUDIO E
COWORKING

Infine, lungo il perimetro del ballatoio che affaccia sul giardino e verso sud-ovest, sono disposti i carrel, postazioni individuali per lo studio con un affaccio diretto verso gli elementi naturali di carattere ristorativo posti all'esterno e visibili grazie alle ampie facciate continue a doppia altezza. Si è scelto di evitare la loro collocazione a nord, data la presenza al piano terra dell'area bambini e dell'area ristoro, fonti di un elevato livello di rumore che potrebbe recare disturbo alle attività di studio e lettura.

CARREL

Questi elementi sono caratterizzati da dei tavoli che seguono le differenti curvature del solaio e da delle sedute attive. Le postazioni sono identificate singolarmente grazie all'utilizzo di separatori laterali, che favoriscono la concentrazione senza isolare completamente l'utente.

Infatti, gli studi sulla biofilia e sulla prossemica in ambienti lavorativi rivelano che l'essere umano percepisce il movimento nella vista periferica molto più rapidamente di quanto non avvenga nella visione frontale diretta: il divisore laterale riduce fisicamente il campo visivo periferico, limitando la quantità di stimoli visivi indesiderati e favorendo il mantenimento dell'attenzione. I separatori sono stati progettati come elementi mobili, in modo che l'utente possa spostarli autonomamente per adattare la postazione alle proprie esigenze. La letteratura riporta che la possibilità di controllare direttamente l'ambiente circostante riduce in modo significativo i livelli di stress¹⁶⁵, restituendo all'utente un senso di autonomia e padronanza, che influisce positivamente sul benessere e sulle prestazioni cognitive.¹⁶⁶

6.3.3. PIANO SECONDO

L'impronta in pianta del piano secondo è ancora più ristretta rispetto ai primi due livelli. In questo caso particolare, la pianta riflette l'impronta a terra delle torri di libri dei piani inferiori, collegandoli fisicamente tramite passerelle di raccordo.

Il volume delle partizioni è - però - molto minore, al fine di garantire spazio per un'ulteriore superficie dedicata allo scaffale aperto. Nello specifico, le torri poste a nord e a sud hanno un'impronta a terra inferiore per garantire la continuità dei cavedi impiantistici fino alla copertura. Il trattamento di finitura esterno è il medesimo dei piani sottostanti, caratterizzato da scaffalature alte addossate alle componenti opache.

Nella torre centrale - invece - la superficie degli spazi chiusi è invariata. Al suo

165 Gatchel et al. (1989)

166 Ulrich, R. S. (1999)

interno si collocano funzioni raccolte e individuali come l'aula per la registrazione di podcast, a nord rispetto al vano occupato dalle scale antincendio, e un'aula per la creazione digitale come videomaking e montaggio di contenuti per la pubblicazione online.

Anche in questo livello, il perimetro del solaio è utilizzato per l'inserimento di postazioni di lettura e studio individuale. Questi elementi, però, non hanno un diretto affaccio sull'ambiente esterno, in quanto la facciata continua ha un'altezza di 7 metri mentre il livello di calpestio del secondo piano è di 8 metri. Qui, il contatto con elementi verdi e naturali è comunque garantito grazie al posizionamento di numerose piante in vaso. Nonostante vi sia una minore relazione con la natura, la posizione sopraelevata e l'impronta in pianta ridotta garantiscono una visione completa dell'edificio. La quantità di illuminamento minimo, sia di questo livello che del primo piano, è garantito dalla presenza di aperture zenitali circolari.

SCAFFALE APERTO

AULA PODCAST E
CREAZIONE DIGITALE

CARREL

Fig. 6.6. Sezione est-ovest -
Estratto della tavola "Sezione" - Rif.
tav. 31

6.4. PRINCIPI PER LA PROGETTAZIONE

Il gradiente progressivo da sociale a individuale, andando dal basso verso l'alto, risponde al principio per cui ambienti diversi richiedono stati mentali differenti: uno spazio che supporta la socialità e la scoperta spontanea non deve generare le stesse condizioni psicologiche di uno spazio dedicato allo studio. La sua



collocazione nell'edificio, quindi, deve già comunicare all'utente quale tipo di comportamento e quale tipo di emozioni saranno supportate in quell'area.

Alla distribuzione funzionale degli spazi si affiancano diverse componenti, che partecipano a questo risultato, come l'altezza degli spazi, la scelta dei materiali, dei colori e del tipo di arredo.

Infatti, come emerso dagli studi sulla prossemica, soffitti più bassi aumentano la percezione di raccoglimento e inducono l'utente a mantenere distanze interpersonali maggiori, favorendo la concentrazione individuale. Soffitti più alti, invece, ampliano la percezione dello spazio e abbassano la soglia di affollamento percepito, predisponendo alla socialità e all'interazione.

I materiali naturali come il legno, ampiamente utilizzato nel progetto, rimandano ad una connessione con la natura, generando un maggiore senso di familiarità con lo spazio. Similmente, colori più caldi sono più indicati per gli spazi sociali, mentre colori più freddi favoriscono la concentrazione.¹⁶⁷

Infine, l'arredo è stato scelto con un grado in informalità maggiore negli spazi più sociali del piano terra. Infatti, sedute ergonomiche, domestiche e con configurazioni flessibili aumentano la percezione di controllo, aumentano il comfort percepito e portano l'utente a sentirsi maggiormente a suo agio e

MATERIALI UTILIZZATI

ARREDO

167 Ibidem



quindi più aperto al dialogo. Nelle zone al primo e al secondo piano, invece, si è optato per sedute più formali e da ufficio al fine di garantire maggiore concentrazione.

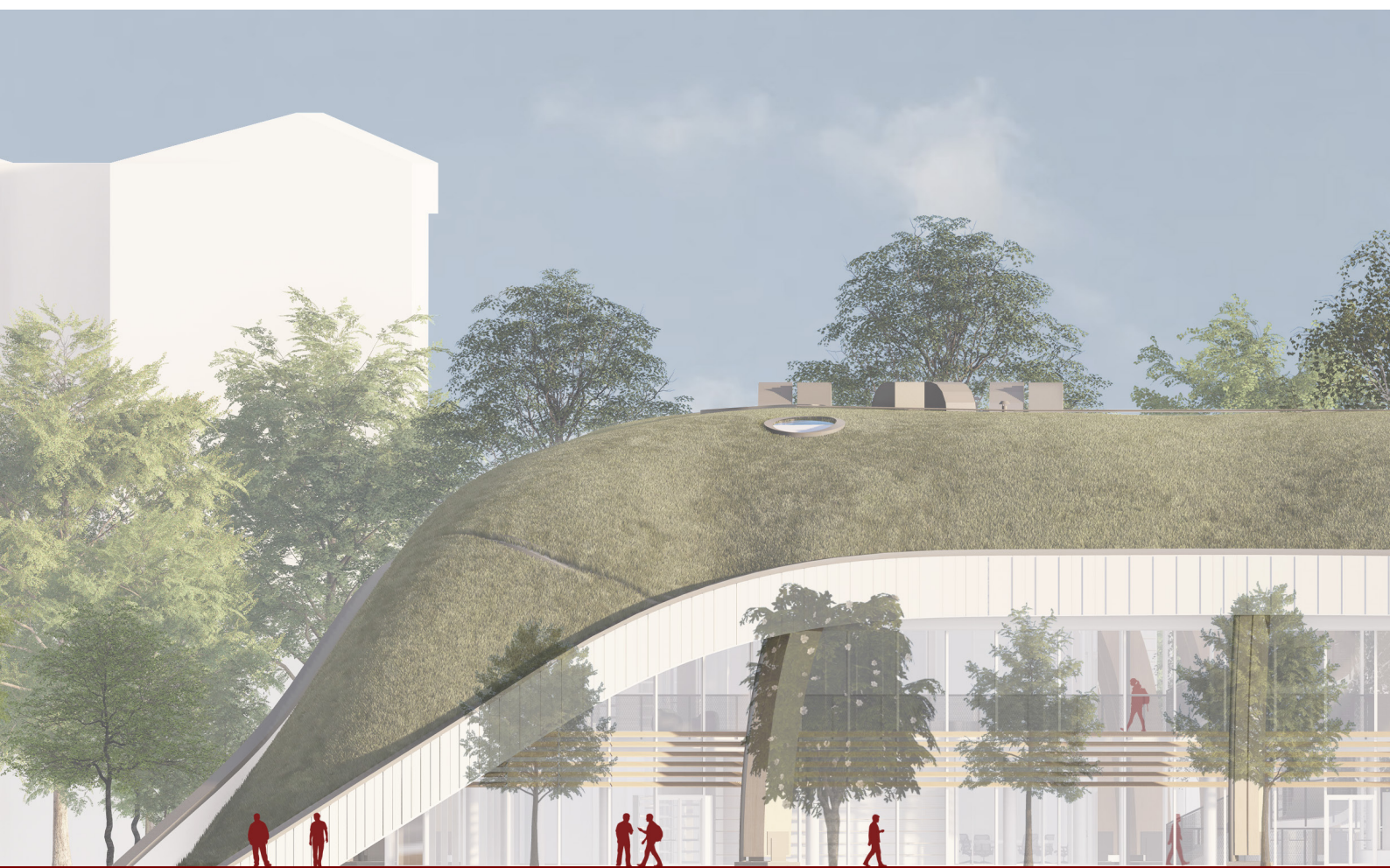
Per garantire uniformità e continuità visiva, si è optato per mantenere linee organiche all'esterno degli spazi più individuali e di studio. Si è reso necessario - però - intervenire per rendere più regolare lo spazio attraverso l'utilizzo di arredi regolari e consoni alla funzione.

6.5. IL DISEGNO DEI PROSPETTI

Al fine di garantire un costante contatto tra lo spazio interno e lo spazio esterno, tutto il perimetro dell'edificio è stato ipotizzato trasparente. Questa soluzione permette non solo di creare una continuità visiva tra le funzioni pubbliche poste nel lotto e la piazza coperta al piano terra dell'edificio, ma anche di garantire un adeguato livello di contatto con la natura da parte degli utenti.

A questo scopo, sono state inserite delle facciate continue a montanti e traversi a doppia altezza lungo tutti i lati e intorno al vuoto creato dal giardino centrale. Nonostante l'impronta a terra del progetto risulta essere curva, la porzione vetrata viene razionalizzata e segmentata con un passo tra i montanti di un metro e mezzo. I traversi orizzontali, invece, creano tre porzioni distinte: la prima

Fig. 6.7. Estratto della tavola
"Prospetto sud" - Rif. tav. 27



e l'ultima di uguale dimensione e quella centrale, con altezza 50 centimetri, che inquadra perfettamente il solaio del primo piano presente nella parte ovest.

Il disegno è poi completato da una fascia di frangisole in lamelle di alluminio con effetto legno posta in corrispondenza della fascia orizzontale centrale, al fine di diminuire l'effetto dell'abbagliamento analizzato nei capitoli seguenti. Al piano superiore - invece - non si è reso necessario l'utilizzo di questa soluzione in quanto l'aggetto della copertura di circa un metro garantisce un'adeguata schermatura solare. Inoltre, questo elemento permette una maggiore protezione dai fenomeni atmosferici degli elementi strutturali in legno posti all'esterno.

Altro elemento caratterizzante del disegno del prospetto sono i bracci verdi di copertura che, appoggiandosi agli archi posti agli angoli, arrivano a toccare il terreno. Questi elementi, presenti con diverse configurazioni lungo i lati del volume, inquadrano la porzione di edificio in vista e stimolano la curiosità dell'utente spingendolo all'esplorazione dello spazio. Inoltre, fungono da arginamento e definizione spaziale delle funzioni poste nell'intorno dell'edificio.

La porzione di chiusura della copertura verde, invece, è caratterizzata da una finitura metallica a greche che aiuta a dare movimento al prospetto senza appesantirne troppo la resa visiva.







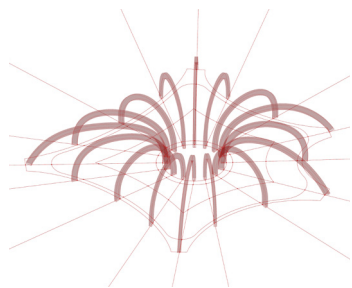
Nella pagina precedente:

Fig. 6.8. Vista esterna notturna del fronte nord

6.6. METODOLOGIA

L'utilizzo di Grasshopper è legato alla natura stessa del progetto: basandosi su principi psicologici che trovano applicazione ancora in forma sperimentale, il progetto architettonico doveva rimanere costantemente modificabile e riadattabile, per conciliare la complessità teorica della psicologia architettonica con le esigenze tecniche e costruttive, tipicamente standardizzate. In questo senso, Grasshopper non è stato impiegato come strumento di generazione formale fine a sé stesso, ma come ambiente di lavoro in cui ogni modifica a un elemento si estendesse all'intero sistema, rendendo possibile valutare in tempo reale le conseguenze di ogni scelta progettuale.

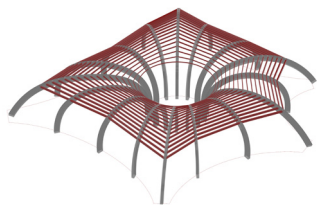
GENESI DEGLI ARCHI



La conformazione esterna dell'edificio e la distribuzione funzionale sono state impostate in pianta manualmente, disegnando gli elementi chiusi dei singoli ambienti e il ballatoio. A partire da questo disegno di base, Grasshopper è stato utilizzato per generare il sistema strutturale degli archi. La logica adottata prevedeva di suddividere il cerchio centrale in parti uguali e di far partire da ciascun punto di divisione un arco che raggiungesse il perimetro esterno, anch'esso suddiviso in segmenti di lunghezza costante. Questa regolarità era necessaria per controllare le luci strutturali tra gli archi e gestirle in modo coerente con il dimensionamento. Ogni arco è stato definito da cinque punti: il punto di attacco al cerchio centrale, il punto di arrivo al perimetro esterno, i due punti di aggancio alla quota della facciata continua e il punto di colmo.

Nella configurazione iniziale, la quota di colmo variava da arco ad arco: gli archi in corrispondenza dell'ingresso erano più bassi, mentre quelli sopra i ballatoi erano più alti, fornendo una risposta migliore alle indicazioni della psicologia architettonica sulla variazione percettiva dell'altezza nei diversi ambienti. Nel corso delle iterazioni progettuali, tuttavia, si è scelto di adottare una quota di colmo univoca per tutti gli archi, così da ottenere una copertura più lineare ed una leggibilità più pulita del prospetto interno sul giardino. Questa decisione è legata anche alla necessità di avere un'unica quota per la facciata continua, anch'essa variata più volte prima di raggiungere il valore definitivo. Con gli archi aventi colmo a quote diverse per via della diversa lunghezza, mantenere la stessa quota di imposta della facciata lungo tutto il perimetro interno era la condizione necessaria per ottenere la continuità visiva cercata. Anche in questo caso, l'utilizzo di un'unica quota fissata è legata alla volontà di garantire un prospetto più pulito e poter utilizzare soluzioni standard, in modo da conciliare al meglio psicologia e tecnologia. L'ambiente parametrico si è rivelato in questa fase particolarmente prezioso: la possibilità di agire simultaneamente su tutti gli archi ha permesso di verificare immediatamente come alcune combinazioni di quote producessero forme concave, strutturalmente inadeguate.

ARCARECCI



Una volta definiti gli archi, anche la struttura secondaria in arcarecci è stata dimensionata e modellata con sezione variabile dall'interno verso l'esterno, in relazione all'aumento delle luci strutturali. Poiché gli arcarecci sono disposti nello spazio tridimensionale e non su un piano orizzontale, il calcolo delle distanze e delle lunghezze sarebbe stato particolarmente complesso senza un ambiente parametrico. Inoltre, il controllo diretto di ogni linea di arcareccio, ha velocizzato il processo di modellazione delle diverse sezioni degli elementi secondari. La superficie è stata successivamente generata come mesh a partire dalle isocurve di colmo degli archi e dalle linee di mezzeria superiori degli arcarecci, poi sagomati dalla stessa copertura, così da garantire un appoggio continuo sugli elementi strutturali, come previsto in fase di progetto.

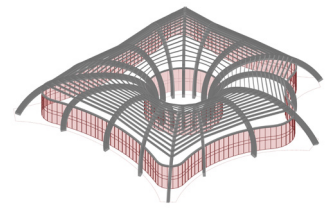
FACCIE CONTINUE

Fig. 6.9. Schema di genesi degli archi - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 33

Fig. 6.10. Schema degli arcarecci - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 33

Completata la geometria strutturale, l'intero edificio è stato modellato in Grasshopper. Particolarmente utile si è rivelata la gestione degli elementi seriali e ripetitivi: le facciate continue, il cui sviluppo in pianta segue andamenti curvilinei, sono state segmentate in pannelli da 1,5 m di larghezza, garantendo la produzione seriale. Allo stesso modo, i parapetti di scale e ballatoi sono stati modellati parametricamente e successivamente importati in Rhino come

geometrie fisse. Infine, il bordo superiore della copertura ha richiesto uno studio specifico. Pur mantenendo la stessa forma in pianta, il tetto doveva alzarsi gradualmente per garantire la visuale dall'interno verso l'esterno. Rimappando le altezze delle curve della copertura rispetto alla quota fissa della facciata continua, sono state definite le linee di profilo, utilizzate successivamente anche per realizzare il rivestimento metallico esterno.



6.7. CONCLUSIONI

Ogni scelta del percorso progettuale, dai concept alla modellazione, è stata guidata dalla volontà di tradurre in forma i principi della psicologia architettonica. I principi di natura teorica e sperimentale hanno imposto un approccio progettuale più aperto ed iterativo, in cui ogni decisione non poteva essere considerata definitiva fino alla verifica della relazione tra l'aspetto esperienziale, la fattibilità tecnica e la coerenza d'insieme.

Questa logica si rispecchia nelle diverse scale progettuali: dal verde predominante a scala più ampia; alla distribuzione verticale delle funzioni, che accompagna l'utente da uno stato mentale collettivo ed informale, ad uno progressivamente più individuale; dalla geometria e la scelta dell'impianto strutturale, fino alle scelte tecnologiche approfondite nei capitoli seguenti.

Fig. 6.11. Schema degli elementi di frangisole - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 34

Nella pagina successiva:

Fig. 6.12. Vista interna sull'ingresso





7. PROGETTO STRUTTURALE

7.1. PREMESSE PROGETTUALI

7.1.1. SCHEMA GENERALE

ARCO si compone di tre piani fuori terra ed un piano interrato. I nuclei fuori terra, le solette e il piano interrato sono in calcestruzzo, e formano un sistema strutturale completamente indipendente dalla grande struttura che sorregge la copertura. I ballatoi, realizzati come solai a piastra in calcestruzzo armato gettato, sono sostenuti da pilastri e setti murari da 20 cm di spessore che costituiscono i blocchi all'interno dei quali sono stati disposti gli ambienti di servizio e le funzioni che richiedono più privacy. La scelta di non utilizzare solai standard con alleggerimenti, come predalles o laterocemento, deriva dalle complesse curve del ballatoio. Queste forme avrebbero reso dispendiosa l'ipotesi di una griglia strutturale regolare per il getto delle travi portanti, oltre a un'evidente impossibilità nell'applicazione di elementi di alleggerimento retti.

Tutte queste scelte sono volte a garantire una grande flessibilità in pianta, la quale ci ha permesso di non avere limitazioni per la distribuzione funzionale e di poter adattare lo spazio a seconda delle singole esigenze.

Gli elementi caratterizzanti l'edificio sono i grandi archi in legno lamellare, tra loro connessi da arcarecci dello stesso materiale. Questo sistema, tipico degli impianti sportivi come piscine o palazzetti, sostiene la copertura verde non praticabile. Gli archi hanno origine nel giardino centrale, fulcro dell'edificio, raggiungono un'altezza massima di 12 metri e terminano all'esterno, sotto la copertura aggettante. Cinque di essi compongono la struttura che porta la copertura a terra, formando i bracci verdi. Il fatto che gli appoggi della struttura primaria siano tutti posti all'esterno rispetto all'impronta a terra dell'edificio permette di avere una pianta libera da pilastri, seguendo la volontà di creare, al piano terra, una vera e propria piazza coperta.

L'approfondimento strutturale del lavoro di tesi si è concentrato sul dimensionamento e sulla verifica della struttura primaria e secondaria in legno lamellare della copertura, mentre gli elementi in calcestruzzo non sono stati approfonditi, se non tramite un predimensionamento delle solette, dei pilastri e dei setti verticali curvi.

7.1.2. QUADRO NORMATIVO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, pubblicate nella Gazzetta Ufficiale nel gennaio 2018, sono la legislazione di riferimento per l'analisi strutturale: in particolare, il capitolo 3 delle azioni sulle costruzioni ed il capitolo 4 sulle costruzioni civili e industriali, con riferimento diretto alle costruzioni in legno.

È stato inoltre fatto riferimento alle indicazioni contenute nei libri:

- Piazza M., Tomasi R., Modena R. (2009), Strutture in legno – Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Ulrico Hoepli Milano Editore;
- De Angelis A. (1998), Progettazione e calcolo delle strutture in legno lamellare, Dei Tipografia del genio civile;
- Schodek, D. L., & Bechthold, M. (2014), Structures (7th ed.), Pearson.

In questi testi si fa riferimento alle formulazioni e prescrizioni costruttive contenute nel documento N.I.CO.LE., ossia le Norme Tecniche Italiane per la progettazione, esecuzione e collaudo delle Costruzioni di Legno. Per alcune specifiche problematiche, non trattate nel documento italiano, è stato fatto riferimento all'Eurocodice 5 (EN 1995:2004) e alla normativa tedesca (DIN 1052:2004).

7.1.3. VITA NOMINALE

La vita nominale di un edificio V_N è contenuta all'interno del capitolo numero 2.4. delle Norme Tecniche di Costruzione. Viene definita come " *il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.*"¹⁶⁸

I livelli minimi di V_N da adottare vengono imposti sulla base dei tipi di costruzioni in analisi e definite dalla tabella 2.4.I. riportata in seguito.

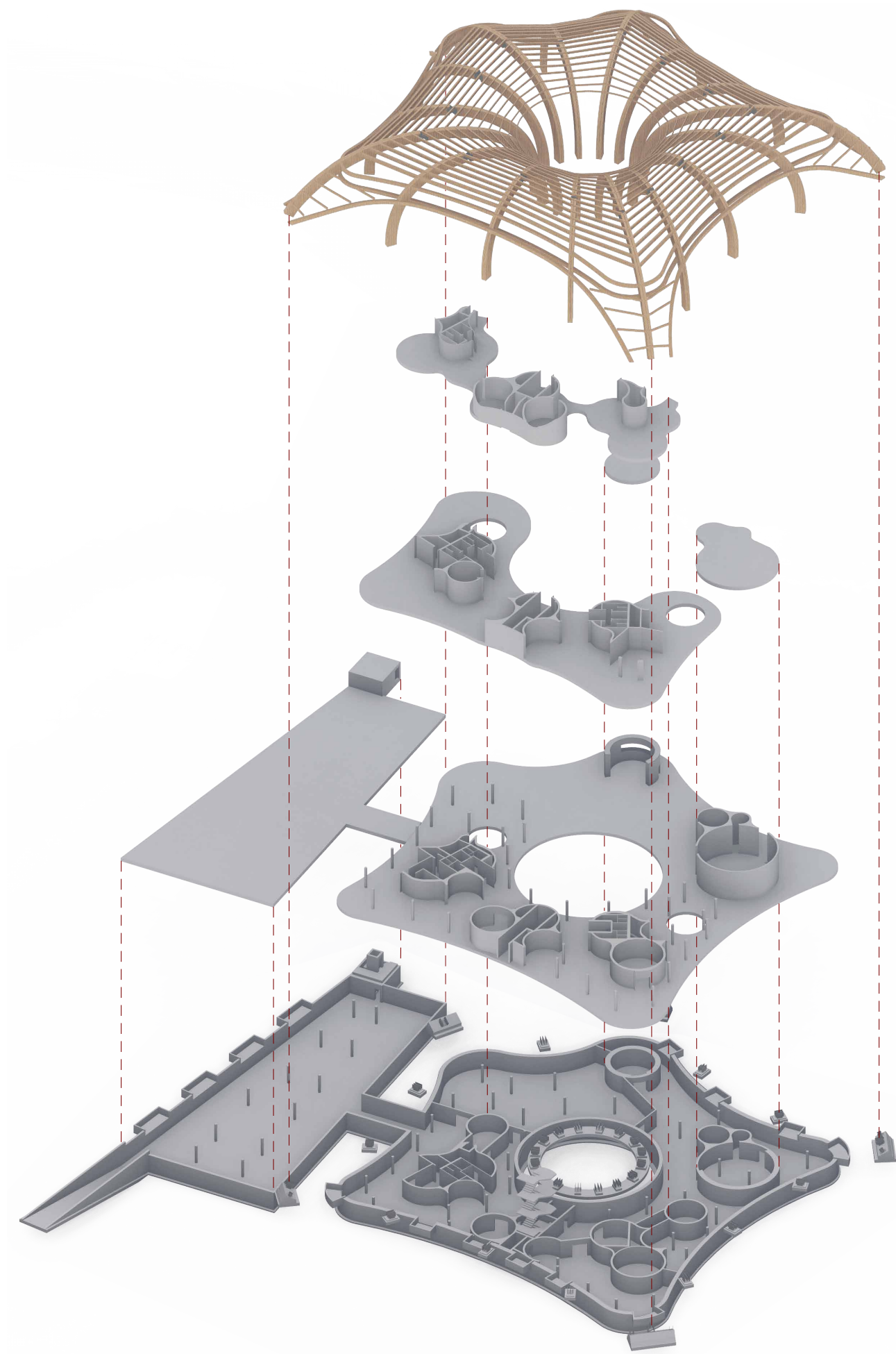
Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 7.1. Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.4.I., p. 36

Fig. 7.1. Esploso strutturale - Estratto della tavola "Introduzione strutturale" - Rif. tav. 36

¹⁶⁸ NTC, 2018, Cap. 2.4.1., p. 36



7.2. ANALISI DEI CARICHI

Lo studio della struttura ha inizio dall'analisi dei carichi. Le azioni, ossia ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura¹⁶⁹, vengono classificate nell'NTC2018, nel capitolo 2.5.1.3, in:

- 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; tra essi vi sono il peso proprio di tutti gli elementi strutturali (G1), il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2), gli spostamenti e deformazioni impressi e le presollecitazioni (P).
- Variabili (Q): azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura, come i sovraccarichi, le azioni del vento, le azioni della neve e le azioni della temperatura.
- Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura, come incendi, esplosioni, urti ed impatti.
- Sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Nell'analisi della struttura della copertura, sono stati considerati i carichi permanenti G1 e G2, il carico variabile della neve ed il carico legato alla destinazione d'uso. Data la forma complessa dell'edificio e dalla sua difficile razionalizzazione, il carico del vento è stato ignorato nell'analisi.

7.2.1. CARICHI PERMANENTI

Il calcolo dei carichi permanenti è stato eseguito considerando i pesi specifici dei materiali utilizzati nelle diverse stratigrafie e il loro spessore.

In particolare, per il dimensionamento degli elementi strutturali in legno, è stato calcolato il peso di ogni singolo componente strutturale, considerando la massa volumica del legno lamellare (GL28h per gli arcarecci e GL32h per gli archi) ed il loro volume effettivo.

Per gli elementi non strutturali, invece, è stato calcolato il peso per unità di superficie [kN/m²] della stratigrafia del tetto verde. Di seguito viene riportato il calcolo relativo alla stratigrafia della copertura (C.O. 04):

CO 04 - Tetto verde						
	Strato	Spessore	Peso caratteristico			Carichi
		[m]	[kN/m ²]	[kg/m ³]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1	Pacchetto verde	0,02	1,30			1,30
2	Isolante termico - Schiuma Polyso	0,14		44	0,43	0,06
3	Tappetino antirombo	0,01		65	0,64	0,01
4	Assito	0,03		530	5,20	0,17
					CARICO TOTALE [kN/m ²]	1,54

7.2.2. CARICHI VARIABILI

I sovraccarichi (Q) comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera: essi sono costituiti dai carichi verticali uniformemente distribuiti (q_k), dai carichi verticali concentrati (Q_k) e dai carichi orizzontali lineari (H_k).

Analizzando solo il tetto giardino, il quale risulta essere una copertura accessibile per sola manutenzione e riparazione, la categoria a cui si fa riferimento è la H, riportata nella tabella seguente.

Coperture				
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
H-I-K	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		

L'azione della neve è stata calcolata seguendo le indicazioni del capitolo 3.4 delle NTC 2018 e dalla relativa circolare del 21/01/2019.

AZIONE DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è stato calcolato mediante l'impiego dell'espressione:

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

in cui:

- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2];
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico che dipende dalle condizioni di clima, di esposizione e dalla variabilità delle precipitazioni nevose del sito analizzato.

Si ipotizza che il carico della neve agisca puramente in verticale su una porzione di superficie di copertura proiettata orizzontalmente.

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 di neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un tempo di ritorno pari a 50 anni.

Il comune di Cesano Maderno rientra nella Zona 1 Mediterranea ed è posto a 198 metri sul livello del mare, per cui la normativa prevede che:

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

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

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

Tab. 7.3. Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.1.II., pp. 43-44

Tab. 7.4. Valori di C_E per diverse classi di esposizione - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.1.I., p. 43

dalla tabella riportata per diverse classi di esposizione. Se non diversamente indicato, si assume $C_e = 1$.

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico da neve dovuto dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

I valori nominali del coefficiente di forma μ_i delle coperture dipendono dall'inclinazione rispetto all'orizzontale, espressa in gradi sessagesimali. Essendo la copertura morbida e con varie inclinazioni, è stato deciso di considerare un coefficiente di forma pari a 0,8, che corrisponde ad un angolo di inclinazione compreso tra 0° e 30° , per valutare il caso peggiore, ossia quei punti della copertura in cui la pendenza è minima e la neve non scivola per gravità.

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0

Dal calcolo, il carico della neve sulla copertura risulta essere di $1,20 \text{ kN/m}^2$.

7.2.3. COMBINAZIONI DI CARICO

Per procedere con le verifiche degli elementi strutturali, è necessario calcolare le combinazioni di carico: una relativa allo stato limite ultimo (SLU) e tre allo stato limite di esercizio (SLE). Tali combinazioni vengono calcolate seguendo le indicazioni contenute nel capitolo 2.5.3. delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018.

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Dove:

- G_1 : peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 : peso proprio degli elementi non strutturali;
- P : pretensione e precompressione dell'elemento strutturale;
- Q_k : altre azioni variabili che insistono sulla struttura;
- γ_{G1} : coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;
- γ_{G2} : coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;
- γ_P : coefficiente parziale di pretensione e precompressione;
- γ_Q : coefficiente parziale delle azioni variabili Q ;
- ψ_{0j} : coefficiente di combinazione delle azioni variabili che sono considerate nella combinazione in esame come non principali.

I coefficienti γ e ψ sono da selezionare dalle seguenti tabelle:

Tab. 7.5. Valori del coefficiente di forma - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.4.II., p. 58

Fig. 7.2. Combinazione delle azioni - Estratto da NTC 2018, Cap. 2.5.3., p. 39

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
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

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

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

I valori selezionati per i coefficienti - quindi - sono i seguenti:

- Coefficiente parziale dei carichi permanenti $\gamma_G = 1,35$
- Coefficiente parziale delle azioni variabili $\gamma_Q = 1,50$
- Coefficiente di combinazione delle azioni variabili $\psi_{0j} = 0,5$
- Coefficiente di combinazione delle azioni variabili $\psi_{1j} = 0,2$

Tab. 7.6. Valori dei coefficienti di combinazione - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.5.I., p. 70

Tab. 7.7. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.5.I., p. 70

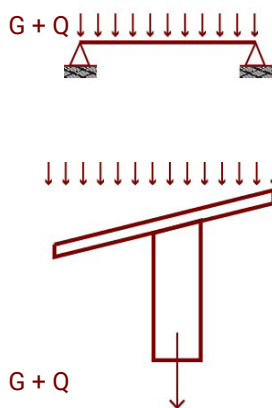
7.3. DIMENSIONAMENTO STRUTTURA SECONDARIA

7.3.1. PROCEDIMENTO

Per il dimensionamento della struttura portante in archi e arcarecci in legno lamellare sono stati presi in considerazione alcuni degli elementi più rilevanti. In particolare, ci si è concentrati sul caso peggiore all'interno della conformazione strutturale dell'edificio, quindi gli elementi con luce e carichi applicati più alti. La scelta è quindi ricaduta sull'arco a sud-ovest e sugli arcarecci portati dallo stesso, in quanto coincidente con le caratteristiche sopra citate.

Per una continuità visiva interna e una maggiore rapidità di calcolo, si è deciso di mantenere la dimensione di questi elementi strutturali uguale anche per gli altri archi e arcarecci, nonostante sia possibile ridurre lo spessore e l'altezza con un'adeguata sequenza di calcolo. In questo modo, è stato verificato il *worst case scenario* in modo da garantire un adeguato sostegno alla copertura verde in ogni punto del progetto e una omogeneità strutturale e visiva tra interno ed esterno.

In particolare, il processo di dimensionamento ha avuto inizio dall'analisi degli arcarecci il cui carico puntuale ci è stato utile per il dimensionamento dell'arco su cui si vanno ad innestare. Le verifiche su questi elementi sono state svolte sia a stato limite di esercizio che a stato limite ultimo. Nello specifico, per quanto riguarda gli arcarecci, è stata verificata la tensione a taglio e la flessione a SLU e i contributi deformativi dati dalla freccia a SLE. Gli archi principali, invece, sono stati verificati allo stato limite ultimo per il valore di taglio agente agli appoggi, per la pressoflessione e per la stabilità dell'elemento; allo stato limite di esercizio è stata effettuata la verifica a spostamento dovuta alla freccia istantanea e finale.



7.3.2. ARCARECCI

Il dimensionamento dell'elemento arcareccio è stato effettuato seguendo i procedimenti di calcolo svolti all'interno del manuale "Strutture in legno" redatto da Maurizio Piazza, Roberto Tomasi e Roberto Modena; più in particolare, ci siamo basati sulle verifiche di una trave secondaria con uno schema statico di semplice appoggio-appoggio. Al fine di seguire l'inclinazione variabile del pannello sovrastante e della copertura, l'arcareccio presenta un taglio inclinato sulla faccia superiore: nel calcolo si considera comunque una sezione reagente rettangolare prendendo come altezza media quella della sezione.

Per procedere al dimensionamento, si è dapprima definita la luce di ogni singolo arcareccio suddividendo in parti uguali l'arco su cui si innestano e mantenendo una luce di circa 2,20 metri.

È stata definita la classe di utilizzo per il legno lamellare di conifera, individuata nella classe GL28h con i seguenti valori caratteristici:

- Massa volumica ρ_k : 410 kg/m³
- Modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{0,mean}$ = 12600 MPa
- Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre $E_{0,05}$ = 10200 MPa
- Modulo di taglio medio $G_{0,mean}$ = 780 MPa

Successivamente, è stata definita la classe di servizio dell'elemento, che serve ad assegnare i valori di resistenza per il calcolo delle deformazioni in condizioni ambientali definite.

Gli arcarecci interni all'edificio risultano essere in classe di servizio 1 poiché sono elementi protetti contro le intemperie, posti in ambienti condizionati, dove l'umidità del materiale è in equilibrio con quella dell'ambiente circostante ad una temperatura di 20°.

Fig. 7.3. Schema di carico dell'elemento arcareccio

Per gli arcarecci posti all'esterno, ma comunque protetti dalle intemperie e dall'irraggiamento solare diretto grazie alla copertura, la classe di servizio risulta essere la 2.

Ai fini del calcolo, è necessario definire la classe di durata del carico, caratterizzata dall'effetto di un carico costante attivo per un certo periodo di tempo nella vita della struttura; per un'azione variabile la classe appropriata deve essere determinata in funzione di una stima dell'interazione fra la variazione temporale tipica del carico e le proprietà dei materiali.

Ai fini del calcolo, è necessario definire la classe di durata del carico, caratterizzata dall'effetto di un carico costante attivo per un certo periodo di tempo nella vita della struttura; per un'azione variabile la classe appropriata deve essere determinata in funzione di una stima dell'interazione fra la variazione temporale tipica del carico e le proprietà dei materiali.

Tab. 4.4.I – Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi – 10 anni
Media durata	1 settimana – 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

Il peso proprio e i carichi non removibili durante il normale esercizio della struttura appartengono alla classe di durata permanente; il sovraccarico da neve, invece, appartiene alla classe di breve durata.

È quindi possibile identificare il coefficiente di correzione che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata dei carichi sia dell'umidità degli elementi. I valori del coefficiente k_{mod} sono definiti all'interno del capitolo 4.4.7 dell'NTC 2018.

Tab. 4.4.IV – Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Ist
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Legno lamellare incollato (*)	UNI EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Compensato	UNI EN 636:2015	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85
		OSB/3 – OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90

Tab. 7.8. Classi di durata del carico
- Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.I.,
p. 133

Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MBH.HLS1 o 2	2	—	—	—	0,45	0,80
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		MDF.HLS	2	—	—	—	0,45	0,80

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

(*) I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.

Per i carichi permanenti, ossia carichi con una durata caratteristica di più di 10 anni, il k_{mod} è uguale a 0,6; per i carichi di breve durata, ossia con una durata caratteristica di meno di 1 settimana, k_{mod} risulta essere pari a 0,9. Infine, è possibile definire anche il coefficiente che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e

Tab. 4.4.V – Valori di kdef per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00
Compensato	UNI EN 636:2015		0,80	1,00
			0,80	1,00
			0,80	1,00
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	—
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	—
		Parte 5	2,25	3,00
		Parte 6	1,50	—
		Parte 7	1,50	2,25
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	2,25	—
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	—
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	—
		MDF.HLS	2,25	3,00

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

Tab. 7.9. Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno
- Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.IV, p. 134

Tab. 7.10. Valori di kdef per legno e prodotti strutturali a base di legno
- Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.V, p. 135

dell'umidità del materiale.

K_{def} , per gli arcarecci di classe di servizio 1, è pari a 0,6; per gli arcarecci di classe di servizio 2 è invece 0,8. L'ultimo coefficiente da determinare è il coefficiente amplificativo k_h , da utilizzare solo in caso di sezioni con altezze minori di 600 mm. Nel caso di legno lamellare:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0,2} \mid 1,15\}$$

Dai valori caratteristici di resistenza a flessione e a taglio del materiale e dai coefficienti appena definiti, è possibile definire i valori di progetto, da calcolare attraverso le seguenti formule:

$$f_{m,y,d} = f_{m,y,k} \cdot k_{def} \cdot k_{mod} \cdot k_h$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{def} \cdot k_{mod} \cdot k_h$$

Per il calcolo delle sollecitazioni dell'arcareccio, è necessario definire i carichi per metro lineare, che sono disposti verticalmente rispetto all'elemento. È stato calcolato il peso proprio dell'arcareccio preso in analisi ipotizzandone la sezione; il peso del manto di copertura, il sovraccarico da neve ed il sovraccarico dovuto alla destinazione d'uso, precedentemente calcolati, vengono moltiplicati per la lunghezza dell'elemento analizzato e vengono calcolate le combinazioni di carico a SLU, SLE rara, SLE frequente e SLE quasi permanente secondo le formule presenti nel paragrafo delle combinazioni di carico.

È quindi possibile calcolare le sollecitazioni di momento in mezzera e di taglio agli appoggi attraverso le seguenti formule:

$$M = Q \cdot l^2 / 8$$

$$V = Q \cdot l / 8$$

Dove:

- Q: combinazione di carico presa in analisi
- l: lunghezza dell'elemento analizzato

Avendo carichi appartenenti a classi di durata differenti, sono state calcolate due combinazioni di carico, una che considera solo i carichi permanenti ed una che considera l'effetto simultaneo di carichi permanenti e variabili, al fine di effettuare le verifiche delle sezioni maggiormente a favore di sicurezza.

Per fare ciò, sono stati effettuati tutti i calcoli sia per la combinazione dei soli carichi permanenti, utilizzando il $k_{mod,I}$ e, di conseguenza, calcolando M_I ; nel caso della combinazione che considera azioni appartenenti a differenti classi di durata, si dovrà scegliere il valore di k_{mod} che corrisponde all'azione di minore durata, quindi si è definito il $k_{mod,II}$ e si è calcolato M_{II} .

Al fine delle verifiche della sezione, sono stati presi il momento e i tagli di valore maggiore:

$$M = \max \{ M_I / K_{mod,I} ; M_{II} / K_{mod,II} \}$$

$$T = \max \{ T_I / K_{mod,I} ; T_{II} / K_{mod,II} \}$$

7.3.3. VERIFICHE SLU

La prima verifica a SLU effettuata è la verifica a taglio definita all'interno del paragrafo 4.4.8.1.9 delle NTC 2018:

$$\tau_d / f_{v,D} < 1$$

Dove:

- τ_d è la massima tensione tangenziale di progetto, valutata secondo la

teoria di Jourawski, considerando una larghezza di trave opportunamente ridotta per la presenza di eventuali fessurazioni.

$$\tau_d = 1,5 \cdot T / (B \cdot H)$$

- $f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a taglio.

La seconda verifica a SLU effettuata è la verifica a flessione definita all'interno del paragrafo 4.4.8.1.6 dell'NTC 2018:

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} < 1$$

Dove:

- $\sigma_{m,d}$ è la tensione di progetto massima per flessione, determinata assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione.

$$\sigma_{m,d} = M / W$$

W è il modulo di resistenza della sezione rettangolare e vale:

$$W = (B \cdot H^2) / 6$$

- $f_{m,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a flessione.

7.3.4. VERIFICHE SLE

Per la verifica a SLE, seguendo l'approccio del documento N.I.CO.LE., si calcolano le deformazioni istantanea e differita secondo le combinazioni di carico rispettivamente rare e quasi permanenti.

La verifica sui contributi deformativi a breve termine è:

$$u_{ist} < l / 300$$

Innanzitutto, si calcola il rapporto tra la freccia dovuta al taglio e quella dovuta alla flessione, che è dato da:

$$f_{taglio} / f_{fless} = 0,96 \cdot E_{0,mean} / G_{mean} \cdot (H/L)^2$$

Dove:

- $E_{0,mean}$ è modulo elastico medio parallelo alle fibre.
- G_{mean} è il modulo di taglio medio.
- h è l'altezza della sezione.
- l è la larghezza della sezione.

Si calcola la freccia di riferimento per un carico unitario:

$$f'_{rif} = 5/384 \cdot (Q_{rif} \cdot L^4) / (E_{0,MEAN} \cdot I)$$

Dove:

- $E_{0,mean}$ è modulo elastico medio parallelo alle fibre.
- q_{rif} è il modulo di taglio medio.
- l è la larghezza della sezione.
- I è l'inerzia della sezione rettangolare.

$$I = (b \cdot h^3) / 12$$

Sommando il contributo dovuto allo sforzo tagliente si ottiene:

$$f_{rif} = f'_{rif} \cdot (1 + f_{taglio} / f_{fless})$$

A breve termine, si hanno i seguenti contributi deformativi:

$$u_{1,ist} = (g_{k1} + g_{k2}) \cdot f_{rif}$$

$$u_{2,ist} = (q_{k1} + q_{k2}) \cdot f_{rif}$$

Dove:

- g_{k1} è il carico della copertura
- g_{k2} è il peso proprio dell'elemento analizzato
- q_{k1} è il sovraccarico della neve
- q_{k2} è il carico variabile della destinazione d'uso

Identificato il contributo maggiore di deformazione, si può svolgere la verifica precedentemente descritta.

La verifica sui contributi deformativi a lungo termine è:

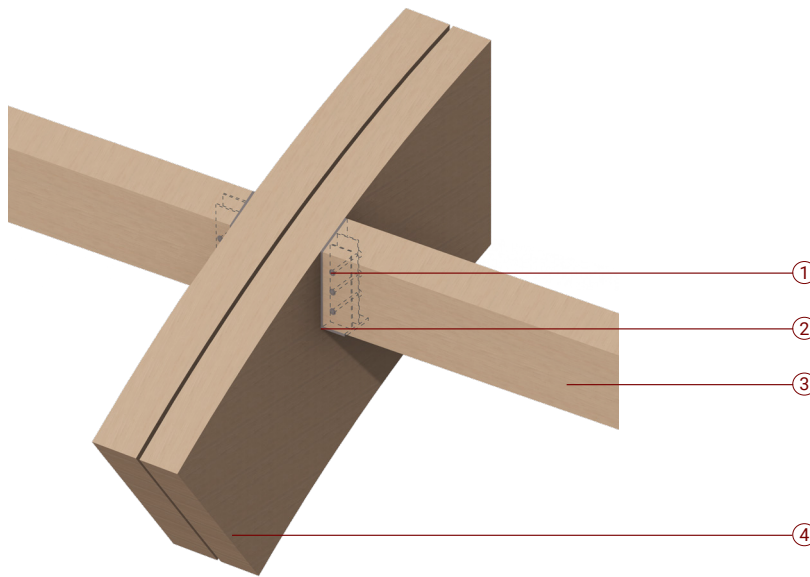
$$u_{net,fin} < l/200$$

In questo caso, si devono introdurre i coefficienti correttivi delle deformazioni, per calcolare i contributi di deformazione a lungo termine.

$$u_{1,fin} = (1 + k_{def}) \cdot u_{1,ist}$$

$$u_{2,fin} = (1 + k_{def} \cdot \psi_2) \cdot u_{2,ist} = u_{2,ist} \quad (\psi_2 = 0 \text{ per neve})$$

Identificato il contributo maggiore di deformazione, si può svolgere la verifica precedentemente descritta.



- 1 Barre filettate di fissaggio + Piastre di aggancio interne
- 2 Piastra di aggancio tra struttura primaria e secondaria a scarpa in acciaio (Spessore: 1 cm)
- 3 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: da 47x56 a 11x24 cm)
- 4 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 81x150 cm)

Fig. 7.4. Dettaglio strutturale dell'aggancio tra struttura primaria e secondaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43

7.3.5. ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO

ARCARECCIO TIPO						
Dati di progetto						
Sezione arcareccio						
Base	b	260	[mm]			
Altezza	h	470	[mm]			
Luce della trave	l	8,27	[m]			
Interasse	l	1,72	[m]			
Modulo di resistenza	W	9572333,33				
Caratteristiche materiale						
Legno lamellare		GL28h				
Massa volumica	ρ_k	4,17	[kg/m ³]			
Classe di servizio		1				
Classe di durata carico						
	k_{def}	0,6				
	$k_{mod,I}$	0,6				
	$k_{mod,II}$	0,9				
	k_h	1,02				
Resistenze						
Valori caratteristici	$f_{m,y,k}$	28	[MPa]			
	$f_{v,k}$	3,5	[MPa]			
Valori di progetto	$f_{m,y,d,I}$	10,08	[MPa]	$f_{m,y,d,II}$	15,12	[MPa]
	$f_{v,d,I}$	1,26	[MPa]	$f_{v,d,II}$	1,89	[MPa]
Modulo elastico						
	$E_{0,mean}$	12600	[MPa]			
	$E_{0,05}$	10500	[MPa]			
	G_{mean}	650	[MPa]			
Carichi						
Carico copertura	g_{k1}	2,65	[kN/m]			
Carico proprio arcareccio	g_{k2}	0,51	[kN/m]			
Carico neve	q_{k1}	2,06	[kN/m]			
Carico variabile destinazione d'uso	q_{k2}	0,86	[kN/m]			
Fattori correttivi	γ_g	1,35				
	γ_q	1,50				
Combinazioni di carico						
Combinazione SLU	Q_I	4,27	[kN/m]			
	Q_{II}	8,65	[kN/m]			
Combinazione SLE rara	Q_I	3,16	[kN/m]			
	Q_{II}	5,05				
Combinazione SLE frequente	Q_I	3,16	[kN/m]			
	Q_{II}	4,02				
Combinazione SLE quasi permanente	Q_I	3,16	[kN/m]			
	Q_{II}	4,02				

Momento in mezzeria (SLU)	M_I	36,49	[kNm]			
	M_{II}	73,98	[kNm]			
	$M_{I/k_{mod,I}}$	60,81				
	$M_{II/k_{mod,II}}$	82,20				
Momento in mezzeria (SLE rara)	M	73,98	[kNm]			
	M_I	27,03	[kNm]			
	M_{II}	43,20	[kNm]			
	$M_I/k_{mod,I}$	45,05				
	$M_{II}/k_{mod,II}$	48,00				
Taglio agli appoggi (SLU)	M	43,20	[kNm]			
	T_I	17,65	[kN]			
	T_{II}	35,78	[kN]			
	$T_{I/k_{mod,I}}$	29,41				
	$T_{II/k_{mod,II}}$	39,76				
Taglio agli appoggi (SLE rara)	T	35,78	[kN]			
	T_I	13,07	[kN]			
	T_{II}	20,90	[kN]			
	$T_{I/k_{mod,I}}$	21,79				
	$T_{II/k_{mod,II}}$	23,22				
	T	20,90	[kN]			
VERIFICHE SLU						
Tensione di taglio di progetto	τ_d	0,44	[MPa]			
Resistenza a taglio di progetto	f_{vd}	1,89				
Verifica a taglio	τ_d/f_{vd}	0,23	VERIFICATO			
Tensione di flessione di progetto	$\sigma_{m,d}$	7,73	[MPa]			
Resistenza a flessione di progetto	$f_{m,d}$	15,12				
Verifica a flessione	$\sigma_{m,d}/f_{m,d}$	0,51	VERIFICATO			
VERIFICHE SLE						
Rapporto frecce	f_v/f_{fless}	0,06				
Carico unitario di riferimento	q_{rif}	1	[kN/m]			
Inerzia sezione rettangolare	I	$2,25 \cdot 10^9$	[mm ⁴]			
Freccia di riferimento unitaria	f'_{rif}	2,15	[mm]			
Freccia di riferimento	f_{rif}	2,28	[mm]			
Contributi deformativi a breve termine	$u_{1,ist}$	7,20	[mm]			
	$u_{2,ist}$	6,66	[mm]			
	u_{ist}	7,20	[mm]			
Verifica		VERIFICATO				
Contributi deformativi a lungo termine	$u_{1,fin}$	11,52	[mm]			
	$u_{2,fin}$	6,66	[mm]			
	$u_{net,fin}$	18,18	[mm]			
Verifica		VERIFICATO				

Tab. 7.11. Esempio di dimensionamento di un arcacccio tipo

7.4. DIMENSIONAMENTO STRUTTURA PRIMARIA

7.4.1. PROCEDIMENTO

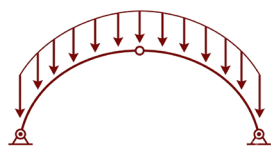
Il dimensionamento dell'arco è stato effettuato seguendo i procedimenti di calcolo svolti all'interno del manuale "Strutture in legno" redatto da Maurizio Piazza, Roberto Tomasi e Roberto Modena, affiancati dalle verifiche contenute all'interno del capitolo 4.4 "Costruzioni di legno" dell'NTC2018.

Gli archi sono una delle principali tipologie strutturali utilizzate nelle coperture di grandi luci.

Per il progetto, è stato scelto di utilizzare uno schema statico di arco a tre cerniere; l'inserimento del vincolo in sommità risulta conveniente poiché l'elemento resiste ai carichi verticali, orizzontali e al momento flettente, inoltre, anche il montaggio in opera ed il trasporto sono più facili se l'arco è suddiviso in due porzioni e poi assemblato.

È stato effettuato il dimensionamento di due elementi strutturali principali: l'arco più lungo che porta la copertura a terra e l'arco di lunghezza maggiore tra i restanti. In questo modo sono state ottenute due sezioni differenti, con l'obiettivo di ottimizzare l'utilizzo di materiali costruttivi.

7.4.2. ARCO



Per procedere al dimensionamento dell'arco, dapprima è stata definita la classe di utilizzo per il legno lamellare di conifera, individuata nella classe GL32h, con massa volumica pari a 440 kg/m³.

Successivamente, è stata definita la classe di servizio dell'elemento. Essendo l'arco parzialmente esterno all'edificio, ma comunque protetto dalle intemperie e dall'irraggiamento diretto grazie alla copertura, la classe di servizio risulta essere la 2.

Come nel procedimento di definizione e verifica della sezione degli arcarecci, è stata definita la classe di durata del carico, seguendo la tabella 4.4.I dell'NTC 2018 precedentemente inserita (Tab. 7.8). Il peso proprio e i carichi non removibili durante il normale esercizio della struttura appartengono alla classe di durata permanente; il sovraccarico da neve, invece, appartiene alla classe di breve durata.

Sono poi stati identificati i valori dei coefficienti, seguendo le procedure indicate nel capitolo 6.3.2:

- Coefficiente per carichi permanenti $k_{mod,I} = 0,6$.
- Coefficiente per carichi variabili $k_{mod,II} = 0,9$.
- Coefficiente $K_{def} = 0,8$.
- Coefficiente amplificativo k_h non viene considerato poiché la sezione dell'arco supera i 600 mm di altezza.

Dai valori caratteristici di resistenza a flessione e a taglio del materiale e dai coefficienti appena definiti, è possibile definire i valori di progetto, da calcolare attraverso le seguenti formule:

$$f_{m,y,d} = f_{m,y,k} \cdot k_{def} \cdot k_{mod}$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{def} \cdot k_{mod}$$

Fig. 7.5. Schema di carico dell'elemento arco

7.4.3. FTOOL

Per ottenere i diagrammi delle azioni interne e la deformata dell'elemento dimensionato, è stato modellato in 2D l'arco all'interno del software di analisi di strutture FTOOL.

La modellazione è stata effettuata tramite la semplificazione dell'elemento in aste che hanno ricreato l'elemento curvo, con una cerniera all'apice e due cerniere a terra. Ai nodi tra le aste sono stati applicati dei carichi concentrati, somma dei tagli provenienti dai due arcarecci che si agganciano all'arco in quel punto, precedentemente calcolati. Successivamente, sono stati definiti il materiale, la forma e la dimensione della sezione dell'elemento; infine, è stato aggiunto un carico distribuito che rappresenta il peso proprio dell'arco.

Il software fornisce i diagrammi di sforzo normale, taglio e momento flettente, oltre che la deformata, dai quali sono stati ottenuti i valori massimi di deformazione, azione assiale, momento e taglio. Sono stati valutati anche i tagli agli appoggi, per effettuare le verifiche e, quindi, identificare la dimensione della sezione. Attraverso l'inserimento dei valori di taglio degli arcarecci calcolati allo stato limite ultimo e il peso proprio dell'elemento, si ottengono i valori per le verifiche a SLU dell'arco; con i valori allo stato limite di esercizio, invece, si ottiene la deformazione dell'arco per la verifica a SLE.

Fig. 7.6. Diagramma dell'azione assiale sull'arco

Fig. 7.7. Diagramma del taglio sull'arco

Fig. 7.8. Diagramma del momento sull'arco

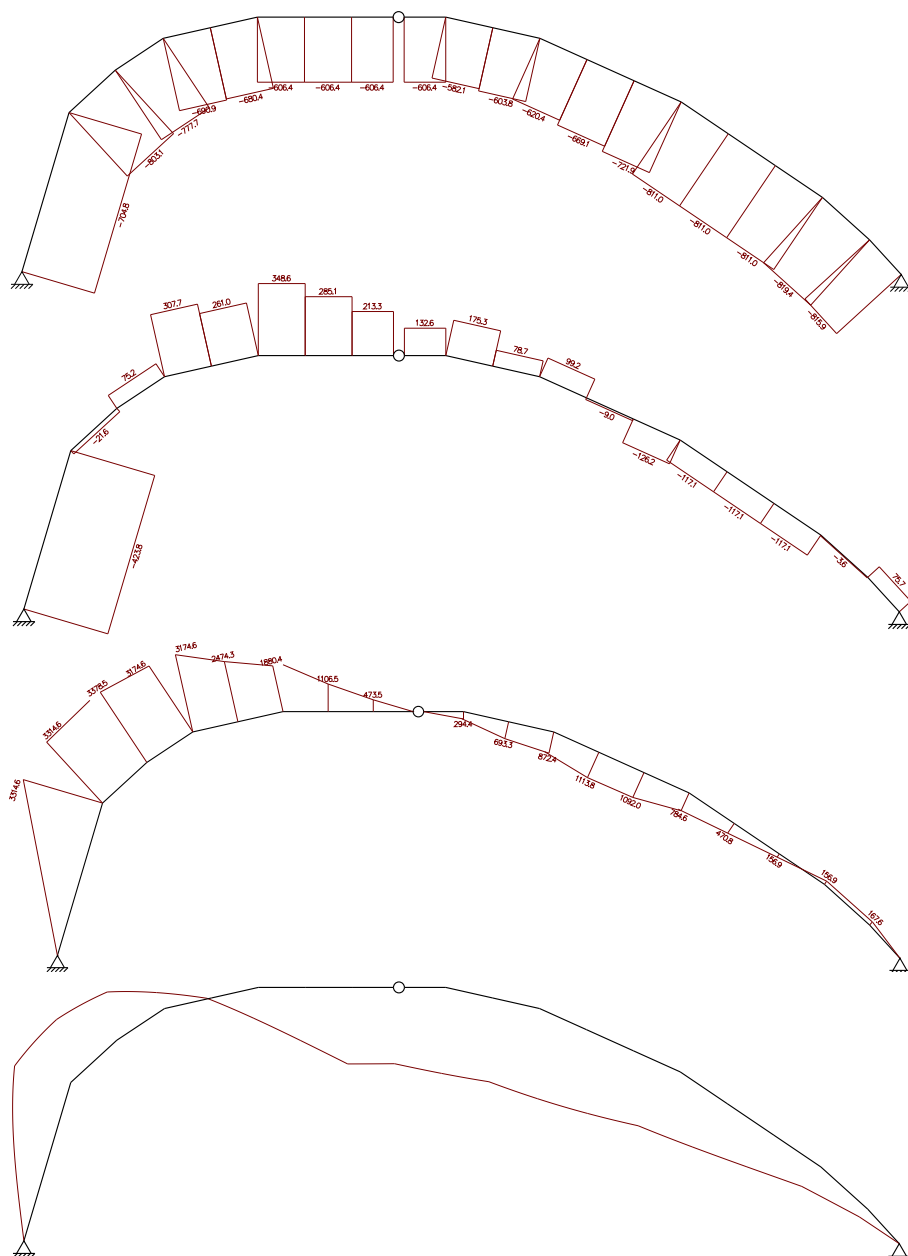
Fig. 7.9. Diagramma della deformata dell'arco

AZIONE ASSIALE

TAGLIO

MOMENTI

DEFORMATA



7.4.4. VERIFICHE SLU

La prima verifica effettuata è quella a flessione, definita all'interno del paragrafo 4.4.8.1.6 dell'NTC 2018:

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) < 1$$
$$k_m (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} < 1$$

Dove:

- $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy, determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione

$$\sigma_{m,d} = M/W$$

con W il modulo di resistenza della sezione rettangolare.

- $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione
- k_m è il coefficiente che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, che per una sezione rettangolare è pari a 0,7.

Avendo considerato due classi di carico, la verifica è stata svolta due volte, considerando $f_{m,d,I}$ per i carichi permanenti e $f_{m,d,II}$ per i carichi di breve durata. Inoltre, la flessione nel piano xy è nulla, perciò la tensione $\sigma_{m,z,d}$ è pari a 0.

La seconda verifica effettuata è la presso-flessione, definita nel paragrafo 4.4.8.1.7 dell'NTC 2018:

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) < 1$$
$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} < 1$$

Dove:

- $\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura.
- $\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy, determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione.
- $f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione.
- k_m è il coefficiente che tiene conto convenzionalmente della ridistribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale, che per una sezione rettangolare è pari a 0,7.

Anche in questo caso, avendo considerato due classi di carico, la verifica è stata svolta due volte, considerando $f_{m,d,I}$ per i carichi permanenti e $f_{m,d,II}$ per i carichi di breve durata. Inoltre, la flessione nel piano xy è nulla, perciò la tensione $\sigma_{m,z,d}$ è pari a 0.

Infine, sono state svolte le verifiche a taglio all'appoggio interno ed esterno, seguendo le indicazioni del paragrafo 4.4.8.1.9 dell'NTC 2018:

$$\tau_d/f_{v,d} < 1$$

Dove:

- τ_d è la massima tensione tangenziale di progetto, valutata secondo la teoria di Jourawski, considerando una larghezza di trave opportunamente ridotta per la presenza di eventuali fessurazioni

$$\tau_d = 1,5 \cdot T/(B \cdot H)$$

T è il taglio all'appoggio, una volta considerando l'appoggio interno e una volta l'esterno.

- $f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a taglio.

Avendo considerato due classi di carico, la verifica è stata svolta due volte, considerando $f_{v,d,I}$ per i carichi permanenti e $f_{v,d,II}$ per i carichi di breve durata.

A partire da queste prime verifiche, è stato possibile effettuare un predimensionamento della sezione rettangolare dell'arco.

7.4.5. VERIFICHE SLE

Per le verifiche a SLE, è necessario ottenere la deformata dal software FTOOL, inserendo la sezione di arco corretta. Le verifiche sono state svolte seguendo le indicazioni del capitolo 4.4.7 dell'NTC2018.

La prima verifica effettuata è quella della freccia istantanea:

$$u_{ist} < l/300$$

Dove:

- u_{ist} è la massima deformazione ottenuta dal programma FTOOL.
- l è la luce dell'arco.

La verifica della freccia finale è, invece:

$$u_{fin} < l/200$$

Dove:

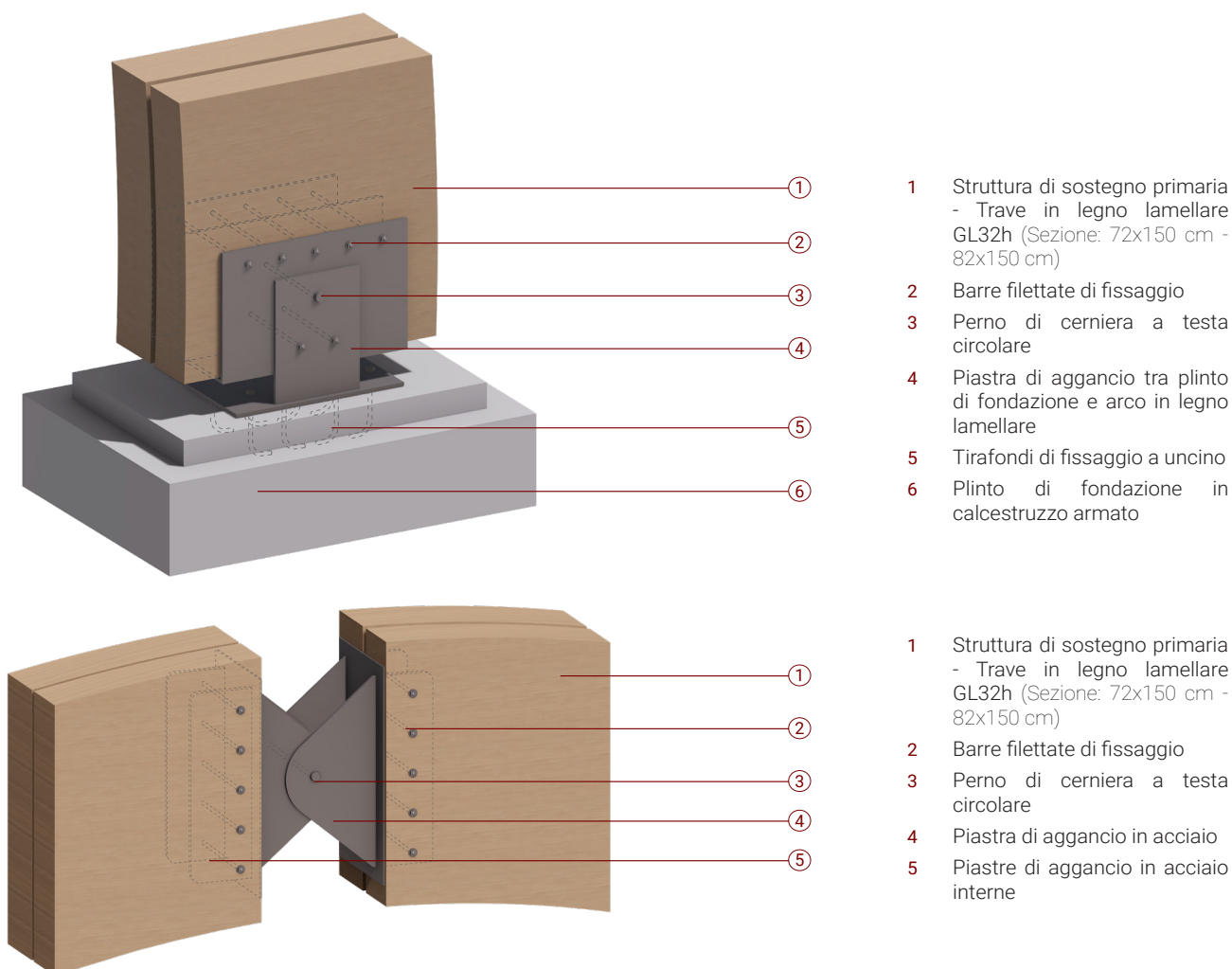
- u_{fin} è la freccia finale, ottenuta dalla formula

$$u_{fin} = u_{ist} (1 + K_{def})$$

- l è la luce dell'arco

Fig. 7.10. Dettaglio strutturale dell'attacco a terra della struttura primaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43

Fig. 7.11. Dettaglio strutturale della cerniera centrale della struttura primaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43



7.4.6. ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO

ARCO A TRE CERNIERE

Dati						
Base	b	720	[mm]			
Altezza	h	1500	[mm]			
Luce	l	25,9	[m]			
Caratteristiche materiale						
Legno lamellare		GL32h				
Massa volumica	ρ_k	4,32	[kN/m ³]			
Peso proprio		4,66	[kN/m]			
Classe di servizio		2				
Classe di durata carico						
	k_{def}	0,8				
	$k_{mod,I}$	0,6				
	$k_{mod,II}$	0,9				
Resistenze						
Valori caratteristici	$f_{c,0,gk}$	32	[MPa]			
	$f_{m,y,k}$	32	[MPa]			
	$f_{v,k}$	3,5	[MPa]			
	$f_{t,0,k}$	25,6	[MPa]			
Valori di progetto	$f_{c,0,d,I}$	51,2	[MPa]	$f_{c,0,d,II}$	38,4	[MPa]
	$f_{m,y,d,I}$	51,2	[MPa]	$f_{m,y,d,II}$	38,4	[MPa]
	$f_{v,d,I}$	5,6	[MPa]	$f_{v,d,II}$	4,2	[MPa]
	$f_{t,0,d,I}$	40,96	[MPa]	$f_{t,0,d,II}$	30,72	[MPa]
SLU						
Azione assiale massima	N_d	861,5	[kN]			
Taglio appoggio interno	V_d	325,6	[kN]			
Taglio appoggio esterno	V_d	325,6	[kN]			
Momento massimo	M_d	1631,9	[kNm]			
Tensione di progetto massima per flessione	$\sigma_{m,y,d}$	6,04	[MPa]			
Coefficiente per sezioni rettangolari	k_m	0,7				
VERIFICA A FLESSIONE						
Verifica carichi permanenti	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d,I}$	0,12	VERIFICATO			
Verifica carichi breve durata	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d,II}$	0,16	VERIFICATO			
VERIFICA PRESSO-FLESSIONE						
Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura	$\sigma_{c,0,d}$	0,80	[MPa]			
Verifica carichi permanenti	VERIFICA I,i	0,12	VERIFICATO			
	VERIFICA I,ii	0,16	VERIFICATO			
Verifica carichi breve durata	VERIFICA II,i	0,08	VERIFICATO			
	VERIFICA II,ii	0,11	VERIFICATO			
VERIFICA A TAGLIO ALL'APPOGGIO INTERNO						
Massima tensione tangenziale di progetto	τ_d	0,45				
Verifica ($\tau_d/f_{v,d} < 1$)	$\tau_d/f_{v,d}$	0,11	VERIFICATO			
VERIFICA A TAGLIO ALL'APPOGGIO ESTERNO						
Massima tensione tangenziale di progetto	τ_d	0,45				
Verifica ($\tau_d/f_{v,d} < 1$)	$\tau_d/f_{v,d}$	0,11	VERIFICATO			

SLE					
VERIFICA FRECCIA ISTANTANEA					
Freccia istantanea	u_{ist}	69,32	[mm]		
Valore di freccia massima	u	86,33	[mm]		
Verifica ($u_{ist}/u < 1$)	$u_{ist} < u$	0,80	VERIFICATO		
VERIFICA FRECCIA FINALE					
Freccia finale	u_{fin}	124,78	[mm]		
Valore di freccia massima	u	129,5	[mm]		
Verifica ($u_{fin}/u < 1$)	$u_{fin} < u$	0,96	VERIFICATO		

Tab. 7.12. Esempio di dimensionamento di arco a tre cerniere

7.5. PREDIMENSIONAMENTO SOLETTE IN CALCESTRUZZO

Le solette all'interno dell'edificio sono state progettate come elementi a piastra poiché la complessa configurazione architettonica del complesso rendeva impossibile la definizione di una maglia strutturale e di un'orditura delle travi regolari.

Tutti gli elementi strutturali orizzontali dell'edificio sono configurati come solai a piastra tradizionali in calcestruzzo armato (C25/30) gettato in opera; questa soluzione ha permesso di avere grande flessibilità distributiva.

La soletta di chiusura dell'auditorium è, invece, stata ipotizzata come un solaio alveolare precompresso in calcestruzzo armato ad alta resistenza (di classe C45/55). Questa tipologia costruttiva consente di coprire ampie luci con spessori limitati rispetto ai sistemi tradizionali in calcestruzzo.

Per entrambe le tipologie di soletta è stato effettuato il predimensionamento, per determinarne lo spessore, tramite la seguente tabella:

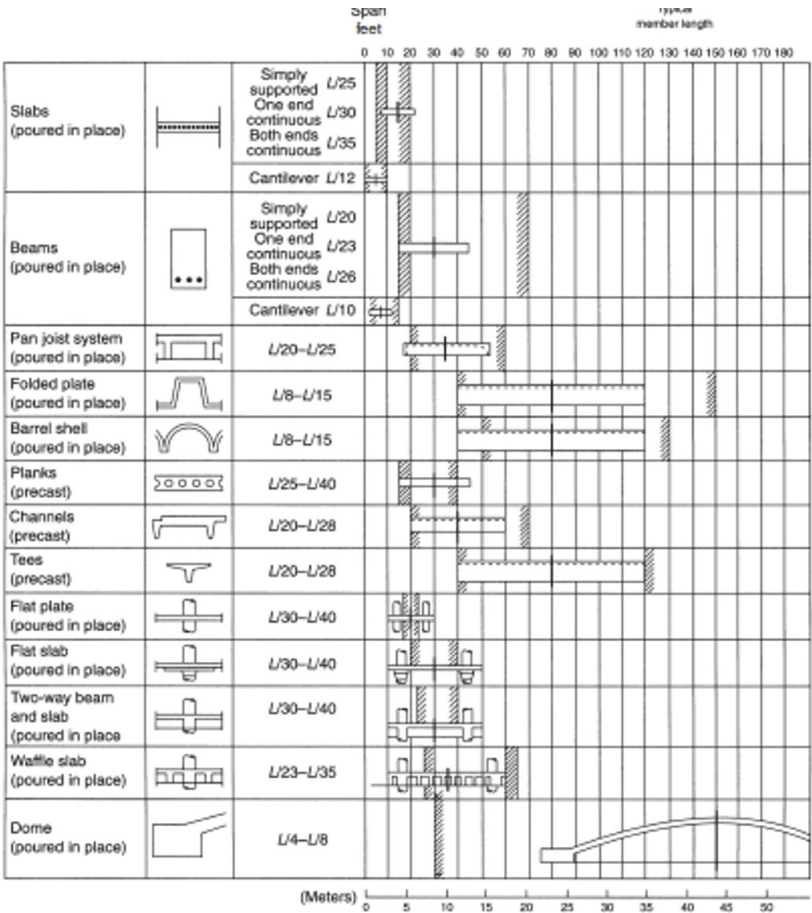


Fig. 7.12. Tabella per il predimensionamento delle solette in calcestruzzo armato - Estratto da: Schodek, D. L., & Bechthold, M. (2014). *Structures*. p. 495

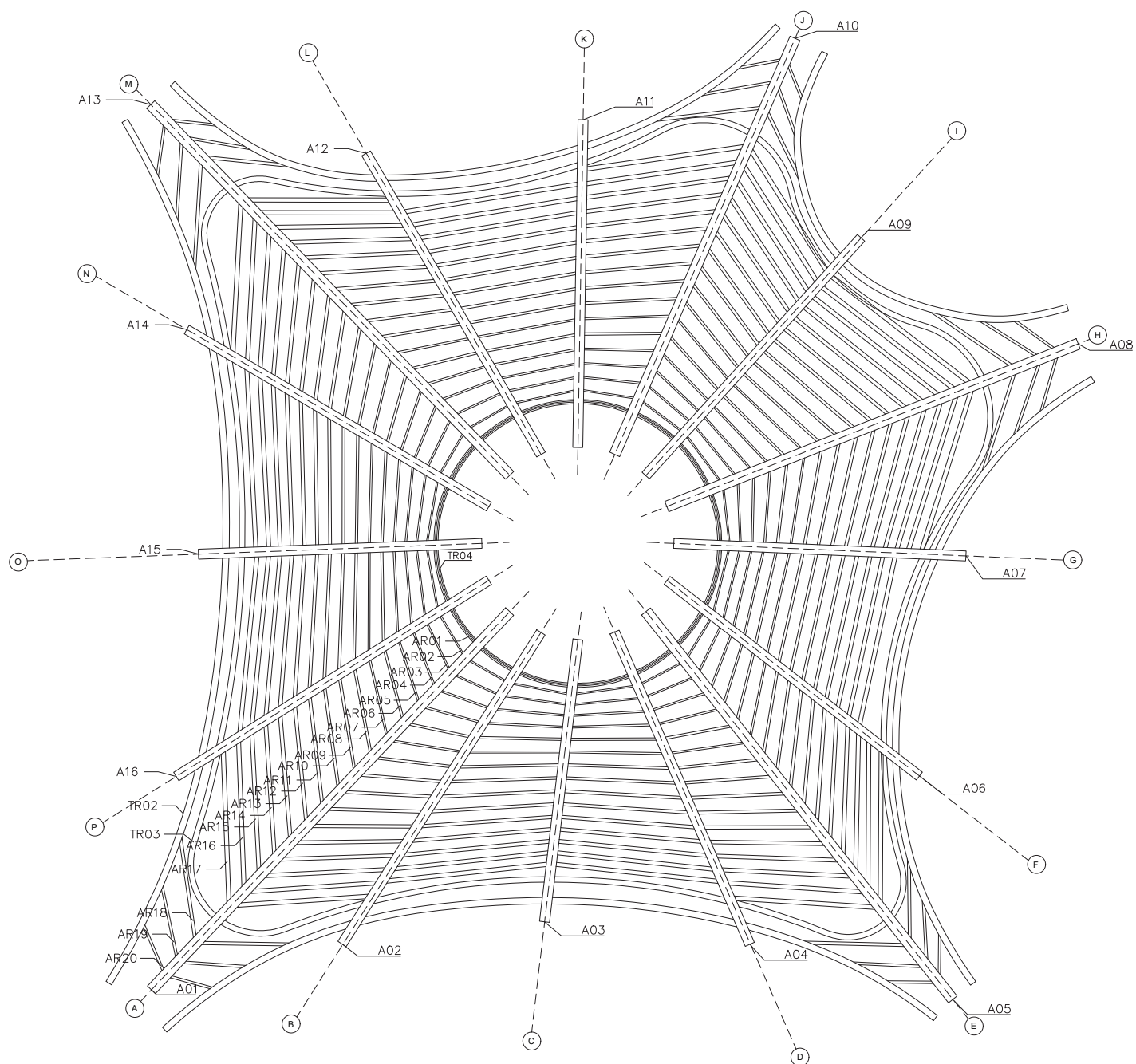


Fig. 7.13. Pianta strutturale della copertura - Estratto della tavola "Pianta della copertura" - Rif. tav. 42

STRUTTURA PRIMARIA	
Legno lamellare	
A01 A05 A09 A11 A13	
A02 A03 A04 A06 A07 A08 A10 A12 A14 A15 A16	
STRUTTURA SECONDARIA	
Legno lamellare	
TR 02	
TR 03	

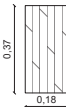
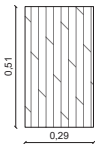
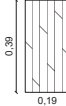
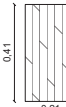
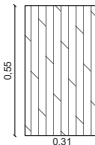
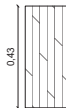
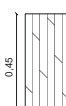
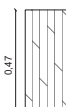
Arcarecci in legno lamellare					
AR 01		AR 08		AR 15	
AR 02		AR 09		AR 16	
AR 03		AR 10		AR 17	
AR 04		AR 11		AR 18	
AR 05		AR 12		AR 19	
AR 06		AR 13		AR 20	
AR 07		AR 14			

Fig. 7.14. Abaco delle strutture - Estratto della tavola "Pianta della copertura" - Rif. tav. 42

Nella pagina successiva:

Fig. 7.15. Vista sul giardino interno





8. PROGETTO TECNOLOGICO

8.1. INTRODUZIONE

L'approfondimento tecnologico è stato il primo capitolo in cui i criteri psicologici e gli aspetti tecnici hanno dovuto confrontarsi ad un livello di dettaglio costruttivo. Il benessere fisico è di fatto la condizione materiale per il benessere psicologico: le neuroscienze hanno ampiamente dimostrato come temperatura, qualità dell'aria e livelli di rumore condizionino capacità cognitive ed emotive.

La copertura verde, elemento identificativo dell'intero edificio, sia sul piano formale che su quello ambientale, costituisce un campo di approfondimento importante della progettazione tecnologica. La sua complessità costruttiva legata alla geometria curva, alle pendenze variabili e all'integrazione tra pacchetto verde, isolamento e gestione delle acque meteoriche, ha richiesto che le componenti strutturali, impiantistiche e tecnologiche lavorassero simultaneamente. I nodi costruttivi verticali selezionati documentano le soluzioni adottate in corrispondenza dei punti più critici: l'attacco a terra e la cerniera in mezz'aria degli archi in legno lamellare, il lucernario zenitale ed il canale di gronda.

8.2. INVOLUCRO EDILIZIO

8.2.1. FATTORI ANALIZZATI

La dualità compositiva e strutturale descritta nel capitolo precedente si riflette nel progetto e nella composizione dei pacchetti stratigrafici. Questi sono stati successivamente verificati non solo da un punto di vista puramente costruttivo, ma anche analizzando diversi fattori che descrivono il comportamento della singola chiusura o partizione, tra cui:

- **Trasmittanza termica:** il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria posta a differenza di temperatura pari a 1°C^{170} e che risulta essere legata alla resistenza termica di ogni singolo strato. In particolare, questo fattore deve rispettare alcuni valori minimi dati dalla normativa.
- **Sfasamento termico:** definito come il lasso di tempo tra il massimo flusso termico entrante nell'ambiente interno e il massimo della temperatura dell'ambiente esterno. Questo parametro valuta la velocità con cui il pacchetto opaco assorbe il calore dall'esterno e lo rilascia all'interno dell'edificio.
- **Condensa interstiziale:** fenomeno di formazione di condensa tra le facce di due diversi strati tecnologici. Si verifica quando la pressione parziale di vapore tra le interfacce è superiore alla pressione di saturazione. Al fine di valutare questo fenomeno, sono stati analizzati tutti i pacchetti di chiusura tramite la verifica di Glaser e, nel caso di verifica non soddisfatta, modificati appositamente materiali e spessori.
- **Indice di abbattimento sonoro:** la capacità di un materiale o di una parete di ridurre la trasmissione del rumore da un ambiente all'altro. È importante

170 UNI EN ISO 10211

per valutare l'isolamento acustico di una stanza, soprattutto nel caso di un centro culturale con molteplici funzioni e necessità di isolamento.

Tutte le analisi sono state condotte con l'utilizzo dei software dell'azienda ANIT: in particolare, PAN per l'aspetto termico ed igrometrico, ECHO per la componente acustica. Questi strumenti ci hanno permesso di valutare le prestazioni di ogni stratigrafia considerando le caratteristiche specifiche dei singoli materiali.

Per la verifica acustica, il valore di R_w è stato calcolato in ECHO secondo la norma UNI 11175-1:2024, sulla base della legge di massa e del peso per unità di superficie della stratigrafia. Fanno eccezione le chiusure verticali CV 03 e CV 04 che, essendo pareti a secco con struttura doppia, sono state calcolate considerando un modello specifico per chiusure leggere, che considera il comportamento composito della soluzione.

8.2.2. QUADRO NORMATIVO

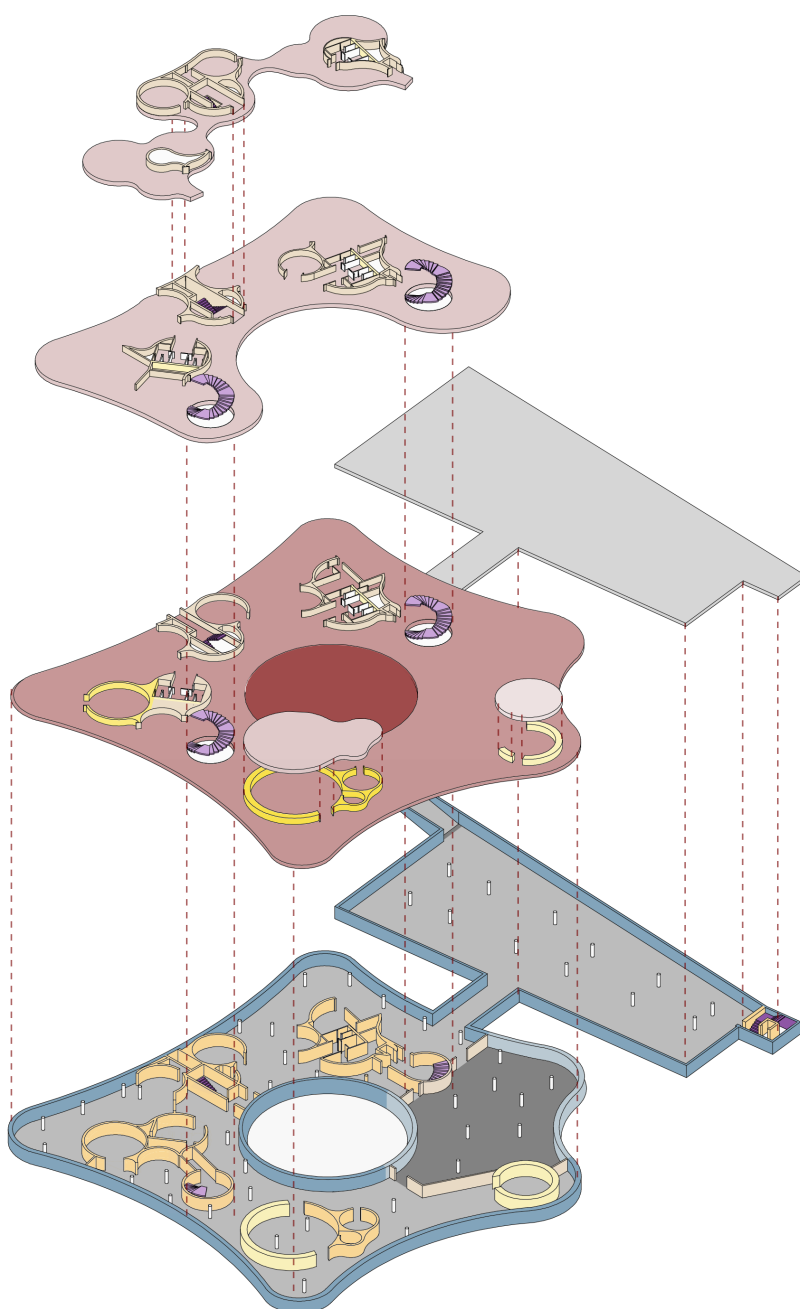
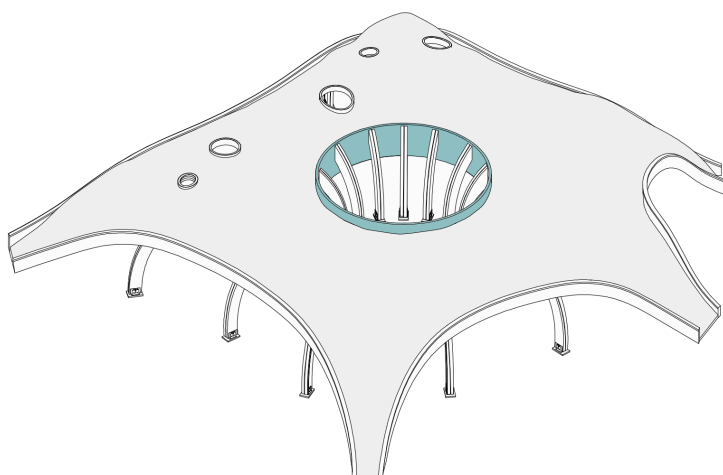
- D.M. 26 giugno 2015 - "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici".
- UNI EN ISO 6946/2018 - "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo".
- UNI EN ISO 13788:2013 - "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo".
- UNI 11175-1:2024 "Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale - Parte 1: metodo di calcolo semplificato basato su grandezze a numero unico".
- UNI 11175-2:2024 "Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale - Parte 2: Dati di ingresso per il modello di calcolo".

8.2.3. MATERIALI UTILIZZATI

Il progetto, date le sue forme curve e irregolari, non ha permesso di prediligere una tecnica costruttiva unica ma è il risultato dell'analisi di diverse tecnologie. Per esempio, dove necessario, si è optato per l'utilizzo di isolanti morbidi, in formato di rotolo, sia per ragioni costruttive ed ergotecniche che per ragioni prestazionali. Questi materiali, infatti, facilitano l'installazione e il montaggio in opera, offrendo migliori performance di isolamento termico e acustico.

Un'attenzione specifica è stata dedicata ai materiali di finitura interni ed esterni, scelti non solo per le loro prestazioni tecniche ma anche in risposta ai principi della biofilia e della psicologia ambientale. Questi - infatti - privilegiano materiali naturali e superfici capaci di ridurre la risposta fisiologica allo stress. Il materiale maggiormente utilizzato all'interno del progetto risulta essere il legno, sia per la struttura a vista che per le finiture orizzontali in parquet. Tale aspetto è stato approfondito nelle singole sezioni, dove la scelta di ogni finitura viene messa in relazione con la funzione psicologica dello spazio.

Fig. 8.1. Estratto della tavola
"Disarticolazione tecnologica" - Rif.
tav. 46



Chiusure orizzontali

CO 01

Chiusura orizzontale controterra non isolata
 $U: 1,48 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 6,35 \text{ h} \mid \Phi_i: 6,57 \text{ h}$

CO 02

Chiusura orizzontale controterra isolata
 $U: 0,16 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 5,54 \text{ h} \mid \Phi_i: 6,26 \text{ h}$

CO 03

Pavimentazione esterna su interrato non riscaldato
 $U: 0,74 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 17,25 \text{ h} \mid \Phi_i: 18,21 \text{ h}$

CO 04

Copertura verde
 $U: 0,15 \text{ W/m}^2\text{K} \mid R_w: 40,9 \text{ dB} \mid \Phi_e: 8,55 \text{ h} \mid \Phi_i: 8,29 \text{ h}$

Partizioni orizzontali

PO 01

Partizione orizzontale isolata
 $U: 0,19 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 14,43 \text{ h} \mid \Phi_i: 15,24 \text{ h}$

PO 02

Copertura auditorium
 $R_w: 46,7 \text{ dB}$

PO 03

Copertura balcone
 $R_w: 46,3 \text{ dB}$

PO 04

Solaio interpiano
 $R_w: 49,4 \text{ dB}$

PO 05

Pavimentazione esterna drenante
 $K: \geq 60 \text{ l/minm}^2$

Chiusure verticali

CV 01

Chiusura controterra non isolata
 $U: 1,26 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 15,29 \text{ h} \mid \Phi_i: 15,11 \text{ h}$

CV 02

Chiusura controterra isolata
 $U: 0,23 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 20,57 \text{ h} \mid \Phi_i: 20,14 \text{ h}$

CV 04

Chiusura verticale perimetro interno
 $U: 0,19 \text{ W/m}^2\text{K} \mid \Phi_e: 5,29 \text{ h} \mid \Phi_i: 5,21 \text{ h}$

Partizioni verticali

PV 01

Partizione verticale attrezzata
 $R_w: 52,5 \text{ dB}$

PV 02

Partizione verticale acusticamente isolata
 $R_{w02}: 52,0 \text{ dB}$

PV 03

Partizione verticale acusticamente isolata
 $R_{w03}: 52,0 \text{ dB}$

PV 04

Nucleo in calcestruzzo armato isolato
 $U: 0,27 \text{ W/m}^2\text{K} \mid R_w: 55,5 \text{ dB}$

PV 05 - PV 06

Nucleo in calcestruzzo armato non isolato
 $R_{w05}: 55 \text{ dB} \mid R_{w06}: 56,7 \text{ dB}$

Partizioni inclinate

PI 01

Scala antincendio in calcestruzzo

PI 02

Scala ellittica in acciaio autoportante

8.3. PACCHETTI TECNOLOGICI

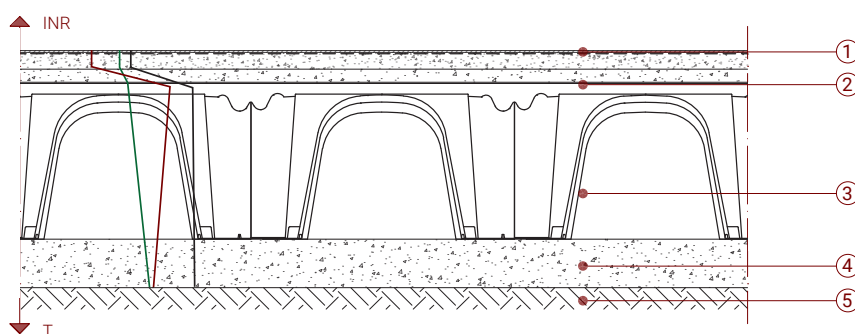
CO 01 - CO 02 | CHIUSURA ORIZZONTALE CONTROTERRA

La presenza dell'archivio, il quale occupa una porzione significativa del piano interrato, rende la gestione dell'umidità un criterio prioritario nella definizione delle chiusure orizzontali controterra. La chiusura isolata (CO 02) prevede un vespaio aerato di 20 cm, che garantisce la ventilazione del piano e limita la risalita capillare, abbinato a uno strato di isolamento termico di 10 cm.

La chiusura non isolata CO 01, comunicante con la prima, risolve il dislivello tra i due elementi attraverso i casseri a perdere per l'aerazione di 30 cm, mantenendo la continuità del piano di calpestio.

CO 01

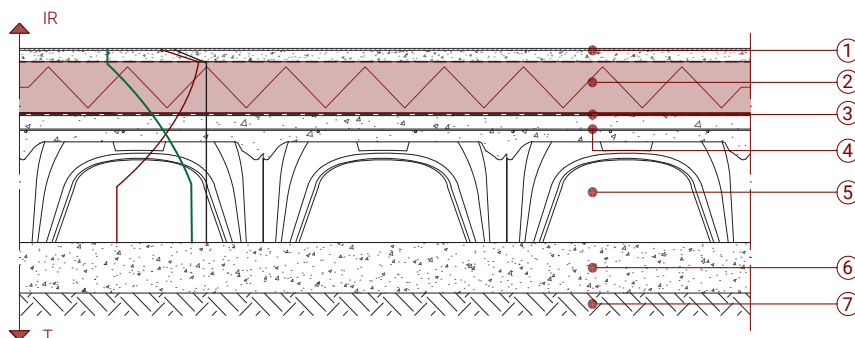
Trasmittanza termica	1,48 W/m ² K
Potere fonoassorbente	40,9 dB
Sfasamento estivo	8,55 h
Sfasamento invernale	8,29 h
Pressione di saturazione [Pa]	—
Pressione nell'interfaccia [Pa]	—
Umidità relativa [%]	—



- 1 Strato di finitura interno - Pavimento in resina industriale (Spessore: 0,4 cm) + Strato di impermeabilizzante in guaina bituminosa in doppio strato (Spessore: 0,5 cm) + Strato di livellamento per passaggio condotti per impianti in massetto di sabbia-cemento (Spessore: 3 cm)
- 2 Strato di ripartizione dei carichi in c.a. con rete elettrosaldata (Spessore: 5,2 cm)
- 3 Strato portante in vespai aerati in plastica riciclata (Spessore: 30 cm)
- 4 Strato di fondazione in calcestruzzo magro (Spessore: 10 cm)
- 5 Terreno

CO 02

Trasmittanza termica	0,16 W/m ² K
Potere fonoassorbente	45,9 dB
Sfasamento estivo	5,54 h
Sfasamento invernale	6,26 h
Pressione di saturazione [Pa]	—
Pressione nell'interfaccia [Pa]	—
Umidità relativa [%]	—



- 1 Strato di finitura interno - Pavimento in resina industriale (Spessore: 0,4 cm) + Strato di livellamento per passaggio condotti per impianti in massetto di sabbia-cemento (Spessore: 2 cm) + Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo (Spessore: 0,031 cm)
- 2 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso estruso XPS (Spessore: 12 cm)
- 3 Strato di impermeabilizzante in guaina bituminosa in doppio strato (Spessore: 0,5 cm)
- 4 Strato di ripartizione dei carichi in c.a. con rete elettrosaldata (Spessore: 5,2 cm)
- 5 Strato portante in vespai aerati in plastica riciclata (Spessore: 20 cm)
- 6 Strato di fondazione in calcestruzzo magro (Spessore: 10 cm)
- 7 Terreno

Fig. 8.2. CO 01 | Chiusura controterra non isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 47

Fig. 8.3. CO 02 | Chiusura controterra isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 47

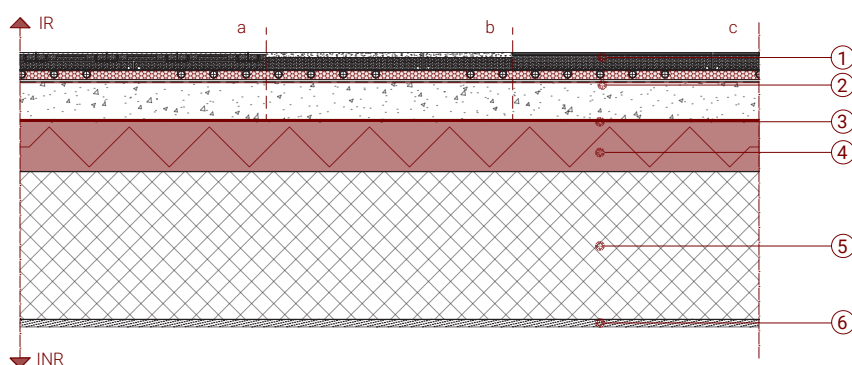
PO 01 | PARTIZIONE ORIZZONTALE ISOLATA

Le partizioni orizzontali interne sono caratterizzate da uno strato di finitura superiore che varia in base alla destinazione d'uso dell'ambiente in cui si trovano, rendendo questa scelta una componente attiva nella definizione della qualità dello spazio dal punto di vista percettivo. La pavimentazione prevalente è in parquet di rovere, scelta motivata dal principio della biofilia.

Poiché l'edificio è uno spazio pubblico con grandi superfici e un'utenza eterogenea, si è cercata una soluzione che conciliasse questa scelta con le esigenze di manutenzione: il parquet è posato su apposite guide in alluminio che permettono la sostituzione puntuale di un singolo elemento, senza interventi invasivi sull'intera superficie.

Nelle aree che richiedono un maggiore assorbimento acustico e una riduzione del riverbero si è scelta una finitura in moquette, in quadrotte per facilitare anche in questo caso la manutenzione.

Nelle zone che, invece, richiedono maggiore attenzione all'aspetto igienico-sanitario, come i servizi igienici, gli spogliatoi, la cucina e i locali tecnici, la finitura è in gres porcellanato.



- 1 Strato di finitura - a. Pavimento in parquet (Spessore: 1,6 cm) - b. Piastrelle in gres fine porcellanato (Spessore: 2 cm) - c. Pavimento in moquette (Spessore: 0,4 cm) + Strato di supporto - Pannelli in legno conglomerato (Dimensione: 60x60x3 cm)
- 2 Strato di isolamento termico in EPS con impianto di riscaldamento a pavimento + Piastre in alluminio di diffusione termica (Spessore: 2 cm) + Strato di livellamento per passaggio condotti per impianti in massetto di sabbia-cemento (Spessore: 8 cm)
- 3 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Spessore: 0,8 cm)
- 4 Strato termoisolante in pannelli in polistirene espanso estruso XPS (Spessore: 10 cm)
- 5 Strato portante in calcestruzzo armato 25/30 (Spessore: 40 cm)
- 6 Strato di finitura - Intonaco e lisciatura a base di gesso per interni (Spessore: 0,5 cm)

PO 01

Trasmittanza termica	0,19 W/m ² K
Potere fonoassorbente	58,1 dB
Sfasamento estivo	14,43 h
Sfasamento invernale	15,24 h

Fig. 8.4. PO 01 | Partizione orizzontale isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 51

CO 04 | COPERTURA VERDE

Trasmittanza termica	0,15 W/m ² K
Potere fonoassorbente	40,9 dB
Sfasamento estivo	8,55 h
Sfasamento invernale	8,29 h

Il tema centrale nella gestione della copertura verde era trovare una soluzione che permettesse di mantenere la soluzione scelta anche a fronte di importanti cambi di pendenza e di direzione imposti dalla geometria degli archi: doveva essere modellabile, leggera e capace di evitare il dilavamento del substrato.

Lo strato coltivato è realizzato in sedum precoltivato su tappetino rinforzato in HDPE. La scelta del sedum non è solo tecnica: si tratta di una specie grassa a radice superficiale, tollerante alla siccità e al dilavamento, che non richiede vasche di riserva idrica sotto il substrato e l'apporto d'acqua necessario è garantito dal sistema di irrigazione. Dal punto di vista psicologico anche la sola percezione visiva del verde riduce i livelli di cortisolo e contribuisce al benessere percepito, integrando la dimensione biologica del rapporto con la natura nel progetto urbano.¹⁷¹

Il substrato minerale precoltivato è contenuto e mantenuto in posizione da una rete alveolare microforata tridimensionale, che da un lato trattiene le celle di terreno anche in presenza di pendenze accentuate, dall'altro permette il regolare deflusso delle acque meteoriche attraverso la sua struttura aperta. L'intero sistema è ancorato alla struttura con cavi in acciaio a passo costante. Dove la pendenza supera il 100%, è possibile integrare una rete in acciaio nella porzione superiore, sottile e non impattante sul pacchetto complessivo, che garantisce l'integrità del sistema fino al 120% di pendenza.

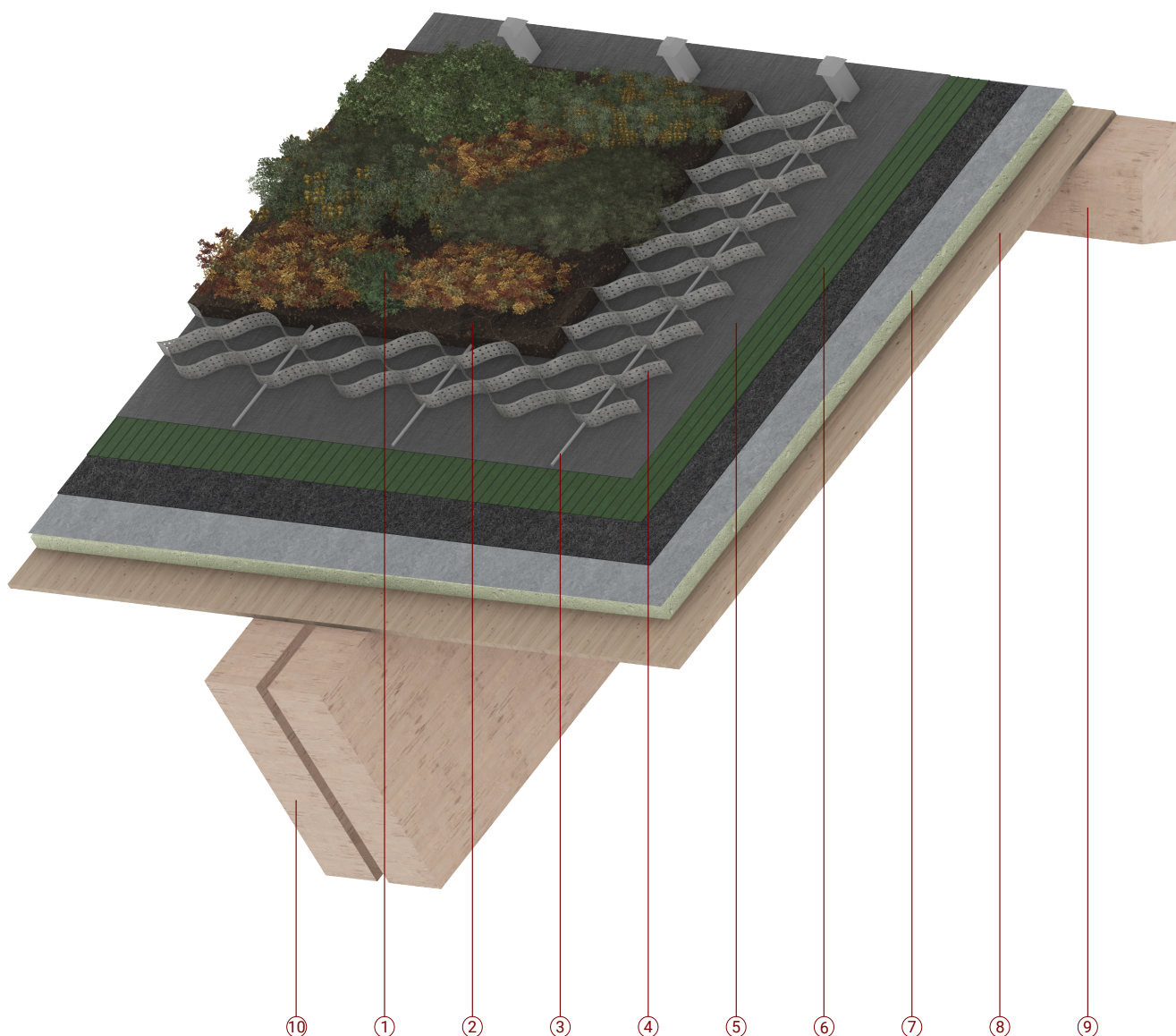
Al di sotto del substrato si trova lo strato impermeabilizzante e di drenaggio, realizzato con un tappetino tridimensionale che, rispetto alle membrane piane tradizionali, risponde meglio ai carichi puntuali e si adatta con maggiore efficacia alle superfici curve.

Segue lo strato di isolamento acustico in tappetino antirombo, che protegge ulteriormente gli strati sottostanti dall'umidità residua e attutisce la trasmissione del rumore di impatto.

Lo strato di isolamento termico, con barriera al vapore preaccoppiata, è il primo strato direttamente a contatto con la struttura in legno: la soluzione garantisce che la barriera sia priva di discontinuità.

Alla base del pacchetto tecnologico è posto un assito in legno microlamellare, che distribuisce i carichi sugli arcarecci e costituisce la superficie di posa di tutto il sistema sovrastante.

171 ART - Kaplan



- 1 Strato coltivato in sedum e rinforzato con rete di supporto in HDPE (Spessore: 3 cm)
- 2 Substrato minerale (Spessore: 10 cm)
- 3 Dispositivo antiscivolo con funi di ritegno in acciaio zincato (Diametro: 0,5 cm)
- 4 Dispositivo antierosione alveolare (Spessore: 28,7x32x10 cm)
- 5 Strato impermeabilizzante e di drenaggio (Spessore: 1 cm)
- 6 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Spessore: 0,8 cm)
- 7 Strato di isolamento termico con componente isolante in schiuma polyiso, rivestito con velo vetro bitumato accoppiato in PP sulla faccia superiore (Spessore: 10 cm) + Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo (Spessore: 0,031 cm)
- 8 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Spessore: 3,3 cm)
- 9 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: da 47x56 a 11x24 cm)
- 10 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 81x150 cm)

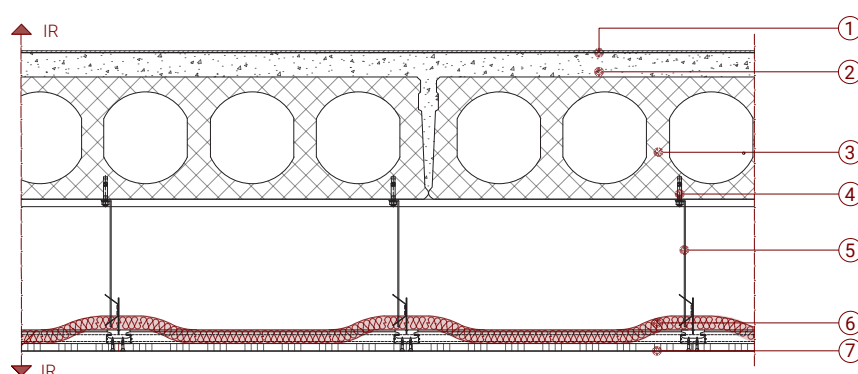
Fig. 8.5. CO 04 | Copertura verde
3D - Estratto della tavola "Pacchetti
tecnologici" - Rif. tav. 50

PO 02 | COPERTURA AUDITORIUM

Per la porzione di chiusura orizzontale non calpestabile dell'auditorium è stato necessario optare, a livello strutturale, per una soluzione con un solaio alveolare precompresso, in risposta alle ampie luci da superare senza appoggi intermedi, per ovvie esigenze funzionali. Questo ci ha portato a definire una stratigrafia differente rispetto a tutte le altre adottate, con una particolare attenzione posta sul valore di isolamento acustico. Il volume dedicato a questa funzione, infatti, si trova al centro della parte a scaffale aperto al piano terra e rende quindi essenziale verificare che le attività svolte al suo interno non vadano a disturbare gli ambienti circostanti. In particolare, essendo la struttura interna open-space, il suono proveniente dall'auditorium potrebbe espandersi anche ad altri ambienti non direttamente adiacenti. Un altro aspetto su cui abbiamo posto la nostra attenzione è la qualità del suono all'interno, al fine di evitare fastidiosi effetti acustici.

Si è ipotizzato, quindi, al di sotto del solaio prefabbricato, un controsoffitto composto da uno strato di lana di roccia e da lastre di gesso rivestito fonoassorbenti a superficie forata. Queste risultano essere fissate alla struttura principale con un sistema di pendinatura, utile anche per formare un'intercapedine tecnica per il passaggio degli impianti, in particolare quelli di aerazione.

L'intero sistema, progettato per controllare il riverbero e garantire condizioni di ascolto ottimali, è lo stesso adottato come controsoffitto nelle altre partizioni orizzontali, migliorando le prestazioni acustiche complessive dell'edificio.



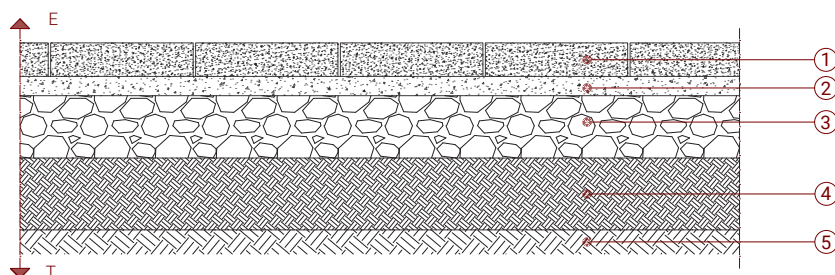
- 1 Strato di finitura - Pavimento in resina industriale (Spessore: 0,4 cm)
- 2 Strato di ripartizione dei carichi in calcestruzzo armato 25/30 (Spessore: 5,8 cm)
- 3 Strato portante - Solaio alveolare precompresso in calcestruzzo armato C45/55 (Spessore: 25 cm)
- 4 Sistema di fissaggio del controsoffitto al solaio collaborante tramite tassello (Diametro $\varnothing$: 0,6 cm)
- 5 Pendini con sistema di fissaggio con gancio a molla per formazione di intercapedine impiantistica (Spessore: 30 cm)
- 6 Strato di isolamento acustico in lana di roccia (Spessore: 3 cm) + Strato di orditura metallica in acciaio zincato con profili montanti a C
- 7 Strato di assorbimento acustico in lastre di gesso rivestito (Spessore: 0,65 cm)

Fig. 8.6. PO 02 | Copertura auditorium - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 51

PO 05 | PAVIMENTAZIONE ESTERNA DRENANTE

Anche la pavimentazione esterna è stata selezionata in base alla percezione dell'utente, tenendo in considerazione l'aspetto naturale dell'elemento, la riflessione alla luce solare e l'aspetto tecnico di capacità drenante.

La soluzione in lastre di calcestruzzo ha consentito la scelta di un colore chiaro, ma non riflettente, che restituisse un effetto pietra, con alte prestazioni di durabilità. Si tratta di un apposito materiale con una buona capacità drenante ($K: \geq 60 \text{ l/minm}^2$) che ha permesso di mantenere la superficie pavimentata comunque permeabile. Questo sistema, posto in opera con una pendenza di 1,5 %, è stato utilizzato sia per il giardino interno che per il restante lotto calpestabile.



- 1 Strato di finitura in lastre di calcestruzzo drenante (Dimensione: 30x60x7 cm)
- 2 Strato di allettamento in sabbia compattata inclinata (Spessore: 4 cm)
- 3 Strato di drenaggio in ghiaia (Spessore: 15 cm)
- 4 Strato di consolidamento in terra compattata (Spessore: 15 cm)
- 5 Strato di terreno vergine

CV03 - CV04 | CHIUSURA VERTICALE ESTERNA E INTERNA

Le chiusure verticali fuori terra, poste al di sopra della facciata continua perimetrale, sono state ipotizzate con un sistema leggero a secco, caratterizzate da un pannello di OSB interposto tra gli strati isolanti. Questo ci ha permesso di irrigidire il pacchetto tecnologico e migliorare le prestazioni di sfasamento termico, nonostante il ridotto spessore totale, come nel caso della chiusura verticale numero 4.

Gli strati isolanti sono mantenuti in posizione da apposite guide ad U in acciaio pressopiegato a freddo, le quali consentono di assecondare la curvatura del perimetro; allo stesso modo, le lastre di finitura interne sono realizzate con una doppia lastra in cartongesso, flessibile e dagli spessori ridotti.

La chiusura verticale interna al giardino (CV 04) e l'elemento di contenimento sul perimetro esterno sono completati da uno strato di lamiera in alluminio, con greche di altezze alternate, al fine di garantire al prospetto un aspetto caratteristico. La variazione ritmica delle greche genera un pattern regolare ma non monotono, che secondo la psicologia ambientale stimola l'interesse visivo, contribuendo a una percezione positiva dell'edificio dall'esterno.

Fig. 8.7. PO 05 | Pavimentazione esterna drenante - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 53

CV 03

Trasmittanza termica 0,14 W/m²K

Potere fonoassorbente 87,9 dB

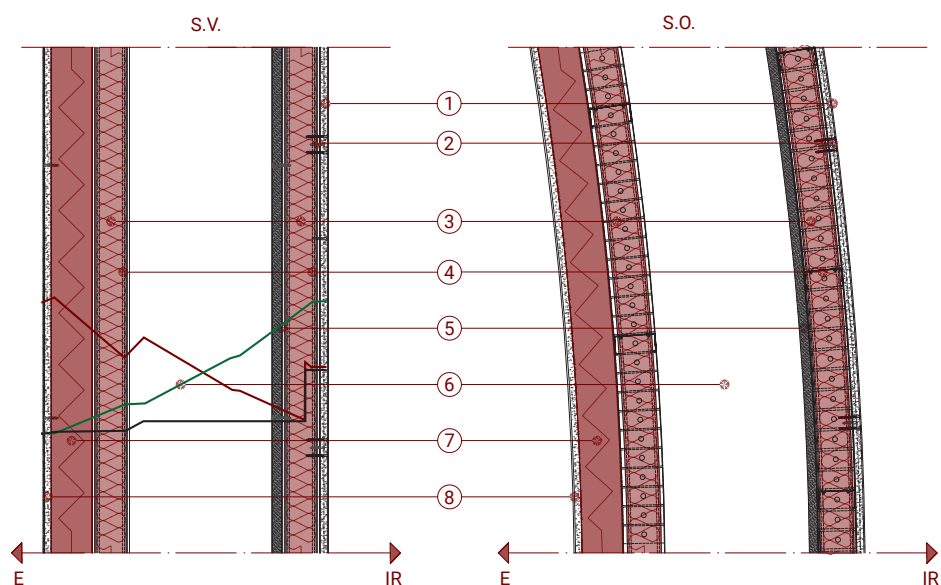
Sfasamento estivo 6,24 h

Sfasamento invernale 6,17 h

Pressione di saturazione [Pa] —

Pressione nell'interfaccia [Pa] —

Umidità relativa [%] —



- 1 Strato di finitura in stucco con leganti a base di gesso (Spessore: 0,25 cm) + Doppia lastra in gesso rivestito altamente flessibile (Spessore: 1,25 cm)
- 2 Viti auto perforanti
- 3 Strato isolante termico e acustico in lana di vetro (Spessore: 6,0 cm)
- 4 Orditura metallica in profili a C in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm) + Guida metallica deformabile in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm)
- 5 Pannello OSB (Spessore: 1,8 cm)
- 6 Strato di intercapedine d'aria (Spessore: 28 cm)
- 7 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso sintetizzato EPS (Spessore: 8 cm)
- 8 Lastra in cemento rinforzato e armata con rete in fibra di vetro (Spessore: 1,25 cm) + Elemento di fissaggio (Lunghezza: 0,25 cm) + Strato di armatura esterna in tessuto di fibre di vetro (Spessore: 0,05 cm) + Rasante a base cemento additivato con resina sintetica (Spessore: 0,25 cm)

CV 04

Trasmittanza termica 0,19 W/m²K

Potere fonoassorbente 65,4 dB

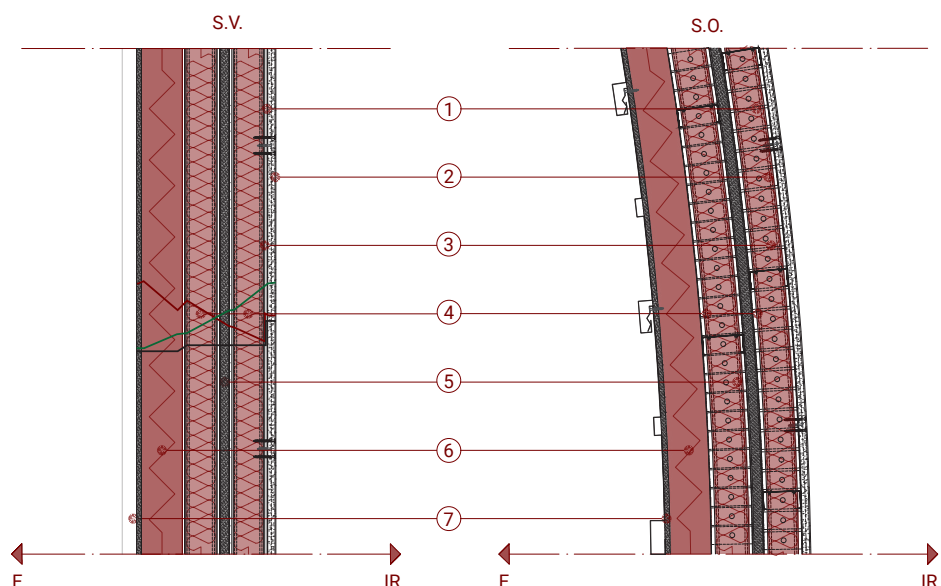
Sfasamento estivo 5,29 h

Sfasamento invernale 5,21 h

Pressione di saturazione [Pa] —

Pressione nell'interfaccia [Pa] —

Umidità relativa [%] —



- 1 Viti auto perforanti
- 2 Stucco con leganti a base di gesso (Spessore: 0,25 cm) + Doppia lastra in gesso rivestito altamente flessibile (Spessore: 1,25 cm)
- 3 Sottostruttura metallica - Orditura metallica in profili a C in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm) + Guida metallica deformabile in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm)
- 4 Strato di isolante termico e acustico in lana di vetro (Spessore: 6,0 cm)
- 5 Pannello OSB (Spessore: 1,8 cm)
- 6 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso sintetizzato EPS (Spessore: 8 cm)
- 7 Assito in legno microlamellare (Spessore: 1 cm) - Lastra grecata in alluminio preverniciato con calandratura e pannello anticondensa preaccoppiata (Spessore: 0,6 mm)

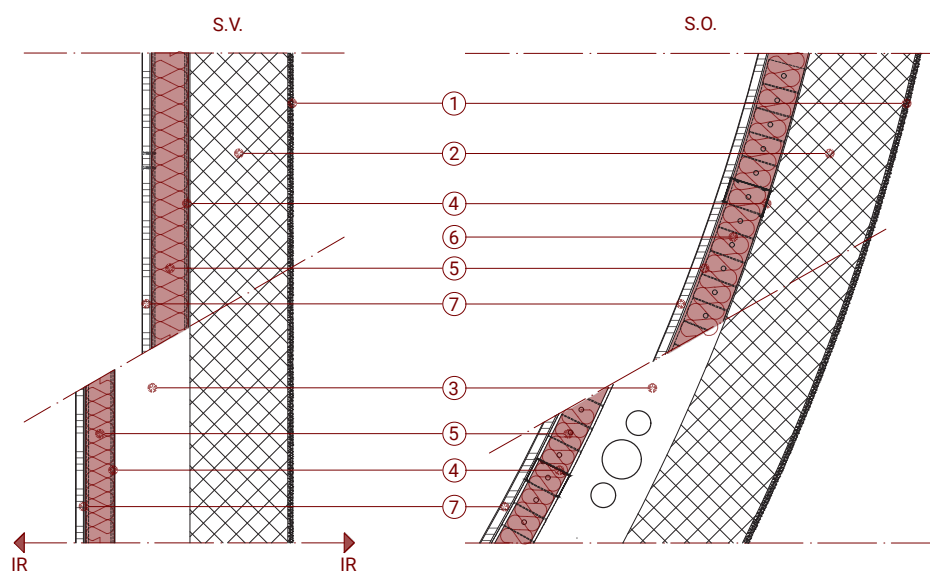
Fig. 8.8. CV 03 | Chiusura verticale perimetro esterno - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 54

Fig. 8.9. CV 04 | Chiusura verticale perimetro interno - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 55

PV 02 - PV 03 | PARTIZIONE VERTICALE ACUSTICAMENTE ISOLATA

Alcune funzioni presenti nell'edificio richiedono un isolamento acustico specifico e selettivo: la sala musica, l'aula videogiochi e l'auditorium sono ambienti in cui la produzione sonora è parte integrante dell'attività, e la loro coesistenza con spazi di studio pone un problema di compatibilità da controllare.

Anche in questo caso l'isolamento acustico in lana di vetro è inserito in apposite guide flessibili, che mantengono in posizione gli elementi verticali con passo costante, su cui si fissano i pannelli fonoassorbenti microforati di finitura. In questo modo all'interno degli ambienti viene garantito un comfort acustico ottimale e si permette la convivenza di funzioni differenti, soddisfacendo le esigenze di tutti.



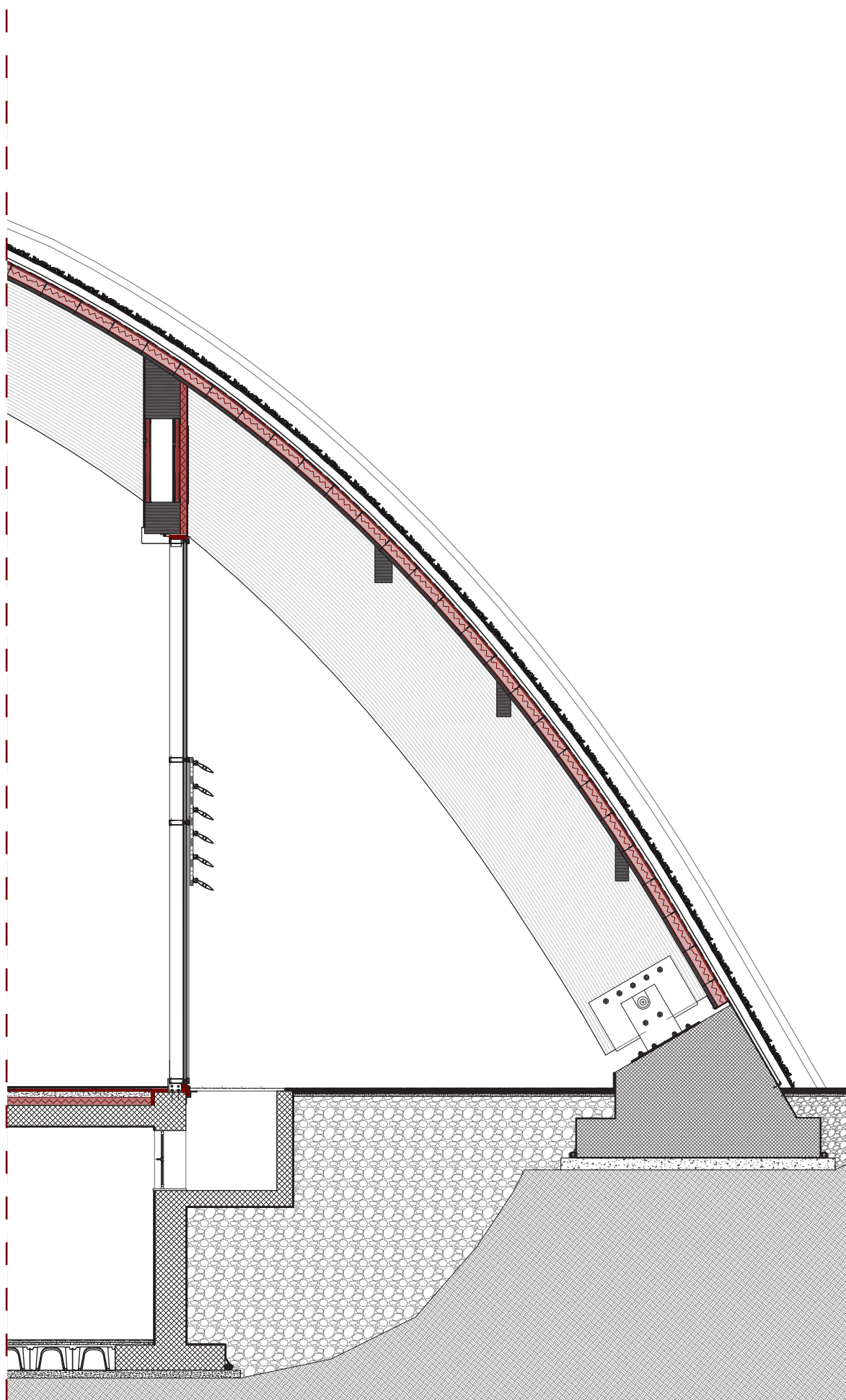
- 1 Strato di finitura interno - Malta da rasatura traspirante a tessitura ultrafine (Spessore: 0,1 cm) + Intonaco di fondo a base di calce idraulica naturale (Spessore: 1 cm)
- 2 Strato portante in calcestruzzo armato 25/30 (Spessore: 20 cm)
- 3 Strato di integrazione impiantistica - Cavedio impiantistico (Spessore: 16 cm)
- 4 Sottostruttura metallica - Orditura metallica in profili a C in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm)
- 5 Strato di isolante termico e acustico in lana di vetro (Spessore: 6,0 cm)
- 6 Sottostruttura metallica - Guida metallica deformabile in acciaio zincato (Spessore: 0,6 mm)
- 7 Strato di assorbimento acustico in lastre di gesso rivestito (Spessore: 0,65 cm)

PI02 | SCALA ELLITTICA IN ACCIAIO AUTOPORTANTE

Le scale ellittiche, visibili dall'ingresso e percepibili in tutto l'edificio, sono elementi costruttivi progettati in modo specifico.

Strutturalmente si tratta di elementi autoportanti grazie alle due fasce in acciaio che ne definiscono il profilo esterno e si fissano alle solette, garantendo stabilità senza necessità di supporti intermedi che avrebbero compromesso la leggerezza visiva dell'elemento. Le pedate in legno, in continuità materica con la pavimentazione, si agganciano alle fasce tramite staffe a L saldate ai profili laterali.

Fig. 8.10. PV 02 - PV 03 | Partizione verticale acusticamente isolata
- Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 56



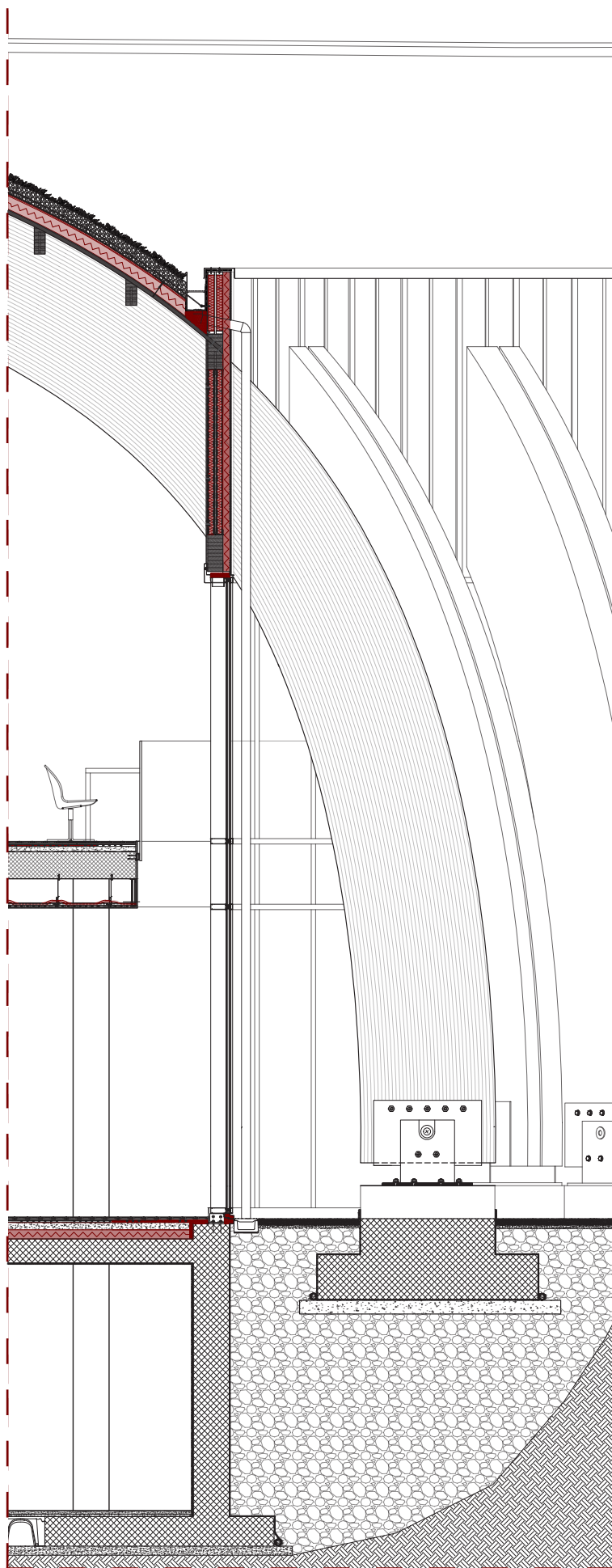


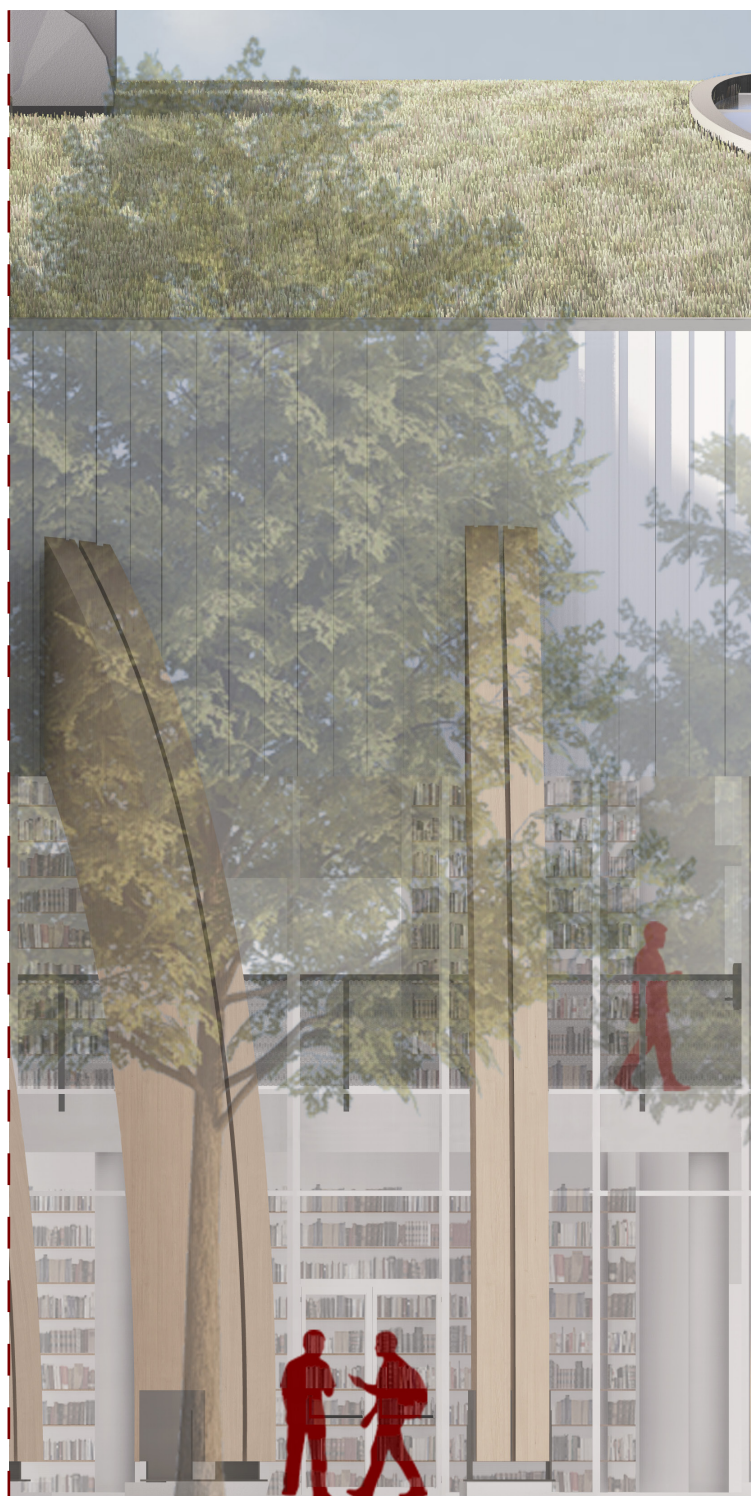
8.4. BLOW UP

8.4.1. BLOW UP ESTERNO

Dalla sezione sull'arco che porta a terra la copertura si può notare il sistema di aggancio della struttura principale al plinto di fondazione e la sua interazione con la facciata continua perimetrale, completata dal tamponamento opaco che adatta lo spessore a quello della struttura secondaria in arcarecci.

Dal prospetto si può notare la finitura caratterizzata dalla lamiera in alluminio con greche di diverse altezze e il sistema di raccolta delle acque meteoriche.





8.4.2. BLOW UP GIARDINO

Nella sezione sul giardino interno, invece, si evince un'importante differenza rispetto a quella esterna: lo spessore della chiusura opaca posta al di sopra della facciata continua. In questo caso, il pacchetto stratigrafico risulta essere molto più sottile, a causa della minore dimensione degli elementi strutturali con cui si interfaccia. Nel prospetto interno, come nel blow up presentato nella pagina precedente, si nota il rivestimento in lamiera con il medesimo motivo geometrico. La trasparenza visiva e funzionale è garantita sia verso il giardino interno, fulcro dell'edificio, che verso l'esterno.

8.5. DETTAGLI COSTRUTTIVI

Conciliare le forme complesse dell'architettonico con gli aspetti tecnologici è stato uno dei passaggi più complicati del processo di tesi, in particolare per quanto riguarda la gestione della copertura verde e la sua relazione con la struttura in legno lamellare. Sono stati studiati nel dettaglio cinque nodi fondamentali, che risolvono i casi costruttivi principali: l'attacco a terra degli archi, la cerniera in mezzeria, il lucernario zenitale, il canale di gronda e la connessione tra struttura secondaria e facciata continua.

NV01 | ATTACCO A TERRA ARCO IN LEGNO LAMELLARE

Il nodo di attacco a terra è la giunzione più complessa e carica di implicazioni tecnologiche dell'intero progetto.

Dal punto di vista strutturale, l'arco in legno lamellare si conclude con una scarpa terminale di ancoraggio a U in acciaio zincato a caldo di spessore 1 centimetro, collegata alla struttura attraverso barre filettate di fissaggio. Questa scarpa si innesta su un secondo elemento ad U tramite bullonatura. Il secondo elemento metallico, a sua volta, si connette con il plinto di fondazione tramite dei tirafondi uncinati con barre filettate.

La connessione acciaio-acciaio è completata da un perno per cerniera a testa circolare, con cui l'arco non entra direttamente in contatto per consentire il corretto movimento di tutto il sistema.

Una scelta particolare riguarda la gestione dell'isolamento: si è deciso di far proseguire questo strato e di non aumentare la quantità di terreno, nonostante questo sia un nodo posto totalmente all'esterno. Questa decisione è derivata dalla volontà di non gravare ulteriormente sulla struttura portante con peso aggiuntivo.

I cinque punti in cui la copertura giunge fino a terra sono gli unici in cui non viene effettuata la raccolta delle acque, ma vengono lasciate defluire nel terreno attraverso l'apposita pavimentazione drenante circostante. Al fine di evitare il dilavamento dello strato di terreno, è stato posto un telo di filtraggio in tessuto non tessuto tra la porzione terminale della copertura verde e la pavimentazione esterna.

NV02 | CERNIERA IN MEZZERIA ARCO IN LEGNO LAMELLARE

La cerniera centrale della struttura è realizzata tramite due piastre in acciaio che si inseriscono direttamente nella struttura in legno lamellare e connesse tramite barre filettate da parte a parte. Il sistema viene completato, anche in questo caso, da un perno per cerniera a testa circolare che connette i due elementi di acciaio e garantisce la libertà di rotazione necessaria.

Gli elementi di ancoraggio del sistema di linea vita, inserito per agevolare le operazioni di manutenzione della copertura in sicurezza, sono stati utilizzati anche come punti di fissaggio per i tiranti di acciaio che mantengono in posizione la rete alveolare del terreno.

NV03 | LUCERNARIO

I lucernari poggiano su appositi elementi in legno lamellare, i quali a loro volta scaricano il peso sulla struttura primaria. In questo modo l'elemento vetrato ha una quota maggiore rispetto a quella della copertura, risolvendo il rischio di infiltrazioni d'acqua. Questo elemento ligneo è stato utilizzato anche per il fissaggio laterale dei tiranti di copertura senza la necessità di forare la copertura.

La scelta di dotare i lucernari di una pellicola a controllo solare incollata in sommità risponde alle indicazioni emerse dalle analisi illuminotecniche di ridurre l'apporto solare diretto nei momenti di maggiore irraggiamento.

NV04 | CANALE DI GRONDA

In questo nodo si è analizzato la parte terminale della copertura nel giardino interno che è stata risolta con un sistema a secco in tubolari metallici che seguono il perimetro della facciata. Un tubolare orizzontale aggiuntivo fornisce l'aggancio terminale al tirante della rete alveolare della copertura.

La transizione tra la copertura e la facciata verticale interna ha richiesto un'attenzione particolare per evitare ponti termici; le intercapedini della partizione esterna sono state isolate, lo strato isolante più esterno è stato fatto proseguire fino alla scossalina di protezione, mantenendo la continuità dell'involucro termico.

Il raccordo geometrico tra la superficie curva di copertura e la necessità di una base piana del pacchetto è stato risolto tramite un cuneo in legno, che regolarizza la base di fissaggio; gli arcarecci della struttura secondaria sono infatti sagomati, in modo da garantire un appoggio completo allo strato di ripartizione dei carichi della copertura e fornire la massima continuità visiva e strutturale.

Il muretto a secco realizzato nasconde alla vista esterna il canale di gronda, separato dal substrato del verde da una lamiera forata, per consentire il corretto deflusso delle acque trattenendo il terreno. Al fine di fornire un primo filtraggio dell'acqua piovana e limitare la manutenzione, intorno a questa lamiera risvolta uno strato di tessuto-non tessuto.

Il sistema di raccolta delle acque è completato in questo punto, interno al giardino, da pluviali puntuali che scendono in corrispondenza del montante verticale della facciata continua.

NV05 | ATTACCO SUPERIORE FACCIATA CONTINUA

L'ampia facciata continua, a doppia altezza, è autoportante grazie all'importante dimensione dei montanti. Il fissaggio superiore è permesso dall'inserimento di un'apposita trave in legno lamellare, che percorre l'intero perimetro e si fissa tra gli archi della struttura primaria. Le dimensioni di questo elemento coincidono con quelle dell'ultimo arcareccio, posto esattamente nello stesso punto, ma all'estradosso superiore dell'arco, risolvendo così eventuali problemi di raccordi geometrici tra i due elementi posti all'interno della chiusura verticale CV 03.

NV06 | ATTACCO INFERIORE FACCIATA CONTINUA

In questo punto si può notare l'interfaccia tra la chiusura controterra non isolata, il solaio tra piano terra ed interrato e la facciata continua.

Al montante della facciata continua perimetrale si collega un sistema di schermature a lamelle fisse, posto tra piano terra e piano primo. I frangisole sono inclinati di 30° rispetto all'orizzontale e offrono una prima schermatura all'ingresso di luce solare nelle ore centrali della giornata.

Il fissaggio della facciata continua è garantito dall'utilizzo di una piastra di acciaio, la quale si connette con il sottostante strato di calcestruzzo armato tramite tasselli a battere in acciaio inox. Il piano di calpestio interno è posto ad una quota più alta di quello esterno per evitare l'infiltrazione delle acque meteoriche in caso di eventi di eccezionale entità.

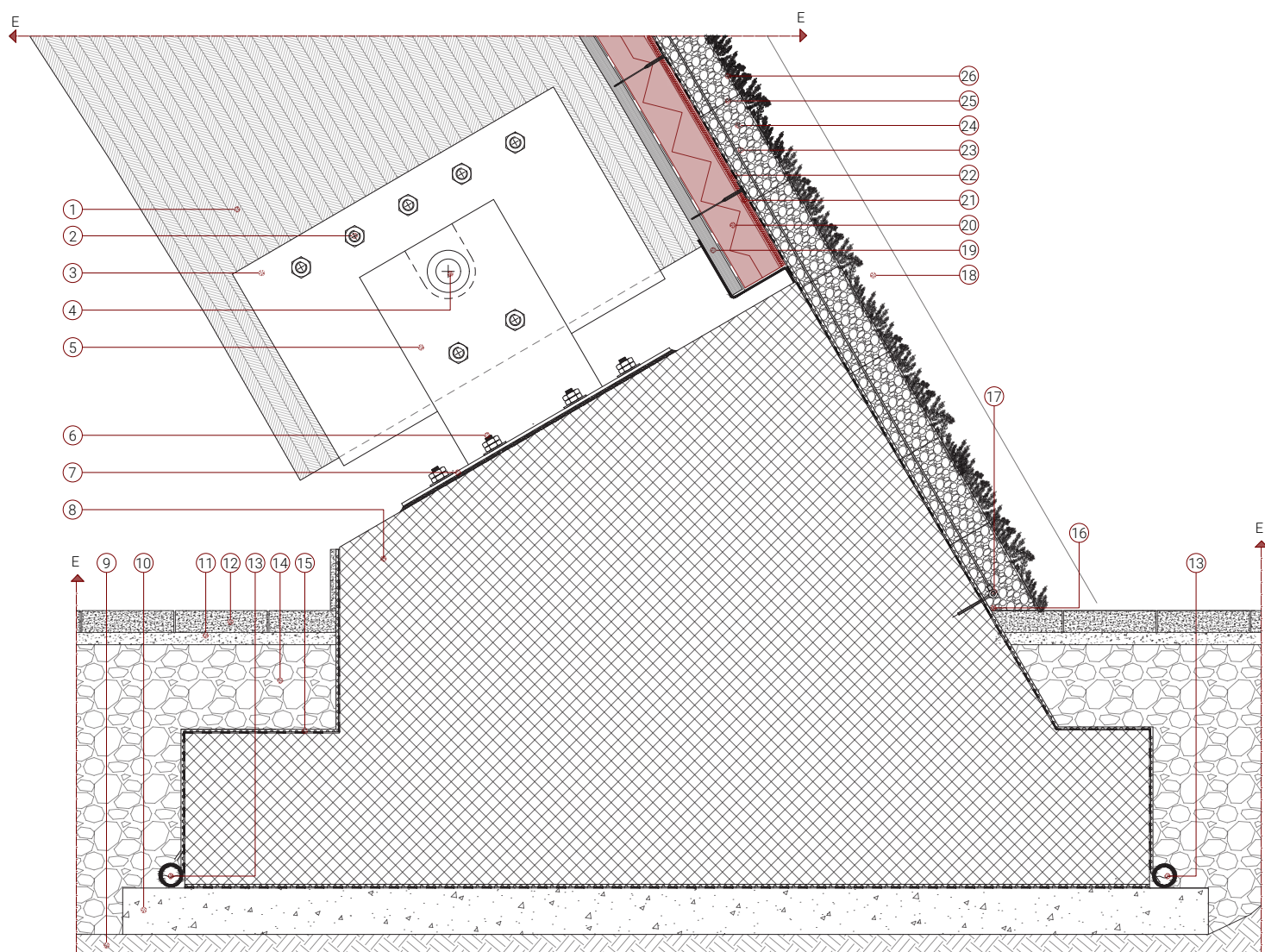


Fig. 8.13. NV 01 | Attacco a terra arco in legno lamellare - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 59

- 1 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 82x150 cm)
- 2 Elemento di fissaggio - Bullone a testa esagonale in acciaio inossidabile (Tipo: Rothoblaas Kos A2 - Φ : 3 cm - Lunghezza: 40 cm)
- 3 Scarpa terminale di ancoraggio a U in acciaio zincato a caldo (Dimensioni: 120x70 cm)
- 4 Perno per cerniera con testa circolare (Φ : 8 cm) + Rondella piana per perno (Diametro interno: 8 cm - Diametro esterno: 14 cm)
- 5 Piastra terminale di ancoraggio con alette laterali in acciaio zincato a caldo (Dimensioni: 80x70 cm)
- 6 Tirafondi di ancoraggio a uncino in acciaio con barra filettata (Diametro: 2 cm)
- 7 Piastra forata di bloccaggio in acciaio zincato (Spessore: 1 cm) + Strato di malta di allettamento (Tipo: Mapei Mapefill F Spessore: 1 cm)
- 8 Plinto di fondazione in calcestruzzo armato 25/30 (Tipo: LecaCLS 1800)
- 9 Strato di terreno vergine
- 10 Strato di fondazione in calcestruzzo magro (Spessore: 10 cm)
- 11 Strato di allettamento in sabbia compattata (Spessore: 4 cm)
- 12 Strato di finitura in lastre di calcestruzzo drenante (Tipo: Gallotta Five Stone Fintering - Dimensione: 30x60x7 cm) + Strato di fissaggio e completamento (Tipo: Mapei Mapestone GR-ECO - Spessore: 0,8 cm)
- 13 Tubo di drenaggio forato in PVC-U (Tipo: Martoni Dren - Φ : 8 cm)
- 14 Strato di drenaggio in ghiaia (Spessore: 90 cm)
- 15 Strato di tenuta all'acqua - Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica armata (Tipo: Index Lighter - Spessore: 0,4 cm) + Strato protettivo e drenante in polietilene ad alta densità (HDPE) con geotessuto integrato (Tipo: Dorken Delta Terraxx - Spessore: 0,8 cm)
- 16 Geotessile non tessuto in poliestere di filtraggio (Tipo: IVela TNT 200 - Spessore: 0,07 cm - Densità: 200 g/m²)
- 17 Anello di ancoraggio con piastra di base per fissaggio del cavo di acciaio + Guaina impermeabilizzante in EPDM
- 18 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 56x47 cm)
- 19 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Tipo: Steico LVL X - Spessore: 3,3 cm) + Scossalina di protezione metallica
- 20 Strato d'isolamento termico con componente isolante in schiuma polyiso, rivestito con velo vetro bitumato accoppiato in PP sulla faccia superiore (Tipo: Stiferite Class B - Spessore: 10 cm) + Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo (Tipo: Over-Foil Miofol 125 AV - Spessore: 0,031 cm) + Tasselli di fissaggio a chiodo per isolanti (Tipo: Hilti HIF Insulation Fastener)
- 21 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Tipo: Rothoblaas Traspir Metal - Spessore: 0,8 cm)
- 22 Strato impermeabilizzante e di drenaggio (Tipo: Acromat120 TEXTIDRAIN ID 101 - Spessore: 1 cm)
- 23 Dispositivo antiscivolo con funi di ritegno in acciaio zincato (Tipo: Eurofuni F2 FAZ 719 - Diametro: 0,5 cm - Resistenza a trazione: 9,30 kN)
- 24 Strato di substrato minerale (Tipo: Acromat120 iD Mat Sedum Select - Spessore 9,4 cm)
- 25 Dispositivo antierosione alveolare (Tipo: Acromat Multifix 3D - Spessore: 28,7x32x10 cm)
- 26 Strato coltivato in sedum e rinforzato con rete di supporto in HDPE (Tipo: Acromat120 Tappetino iD Rinforzato - Spessore: 3 cm)

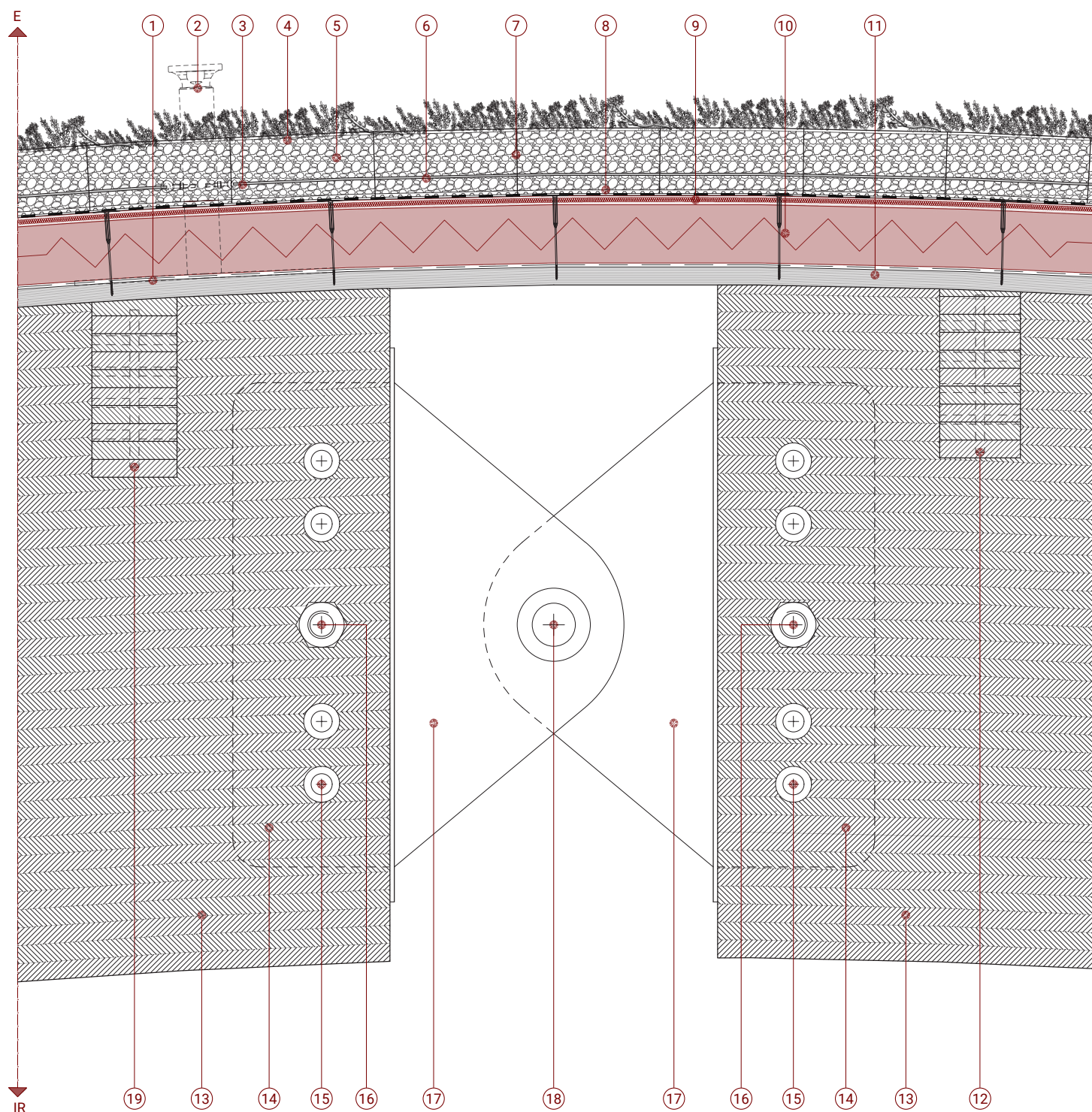


Fig. 8.14. NV 02 | Cerniera in mezzeria arco in legno lamellare
- Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 60

- 1 Base di ancoraggio per il sistema linea vita - Piastra preforata in acciaio speciale (Tipo: Unith Safety System Solar 2 - Dimensioni: 56x25 cm - Spessore: 1 cm) + Ancoraggio con viti portanti per legno con rosetta conica e resina (Tipo: Unith Safety System Vitleg M10x160 - Numero fissaggi: 8 - Diametro: 1 cm)
- 2 Sistema linea vita in acciaio zincato (Tipo: Unith Safety System Solar 2 - Altezza: 45 cm - Larghezza: 7,5cm - Campata massima: 15 m) + Fune in acciaio e assorbitore graduale di energia (Tipo: Unith Safety System Ass33x)
- 3 Anello di ancoraggio con piastra di base per fissaggio del cavo di acciaio
- 4 Strato coltivato in sedum e rinforzato con rete di supporto in HDPE (Tipo: Acromat120 Tappetino iD rinforzato - Spessore: 3 cm)
- 5 Strato di substrato minerale (Tipo: Acromat120 iD Mat Sedum Select - Spessore: 10 cm)
- 6 Dispositivo antiscivolo con funi di ritegno in acciaio zincato (Tipo: Eurofuni F2 FAZ 719 - Diametro: 0,5 cm - Resistenza a trazione: 9,30 kN)
- 7 Dispositivo antierosione alveolare (Tipo: Acromat Multifix 3D - Spessore: 28,7x32x10 cm)
- 8 Strato impermeabilizzante e di drenaggio (Tipo: Acromat120 Textidrain ID 101 - Spessore: 1 cm)
- 9 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Tipo: Rothoblaas Traspir Metal - Spessore: 0,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,3 W/mK - Classe di densità: ρ : 65 Kg/m³)
- 10 Strato di isolamento termico con componente isolante in schiuma polyiso, rivestito con velo vetro bitumato accoppiato in PP sulla faccia superiore (Tipo: Stiferite Class B - Spessore: 10 cm - Conducibilità termica λ : 0,033 W/mK - Classe di densità: 44 Kg/m³) + Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo (Tipo: Oover-Foil Miofol 125 AV - Spessore: 0,031 cm - Conducibilità termica λ : 220 W/mK - Classe di densità: 416 Kg/m³) + Tasselli di fissaggio a chiodo per isolanti (Tipo: Hilti HIF Insulation Fastener)
- 11 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Tipo: Steico LVL X - Spessore: 3,3 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK - Densità ρ : 530 kg/m³)
- 12 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 18x38 cm) + Sistema di aggancio in acciaio alla struttura di sostegno primaria
- 13 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 82x150 cm)
- 14 Piastra in acciaio tassellata (Dimensioni: 35x100 cm)
- 15 Elemento di fissaggio - Bullone a testa tonda in acciaio inossidabile (Tipo: Rothoblaas Kos A2 - Φ : 3 cm - Lunghezza: 40 cm)
- 16 Elemento di fissaggio - Bullone a testa esagonale in acciaio inossidabile (Tipo: Rothoblaas Kos A2 - Φ : 3 cm - Lunghezza: 40 cm)
- 17 Piastra terminale in acciaio (Spessore: 1 cm)
- 18 Perno per cerniera con testa circolare (Diametro: 8 cm) + Rondella piana per perno (Diametro interno: 8 cm - Diametro esterno: 14 cm)
- 19 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 19x39cm) + Sistema di aggancio in acciaio alla struttura di sostegno primaria

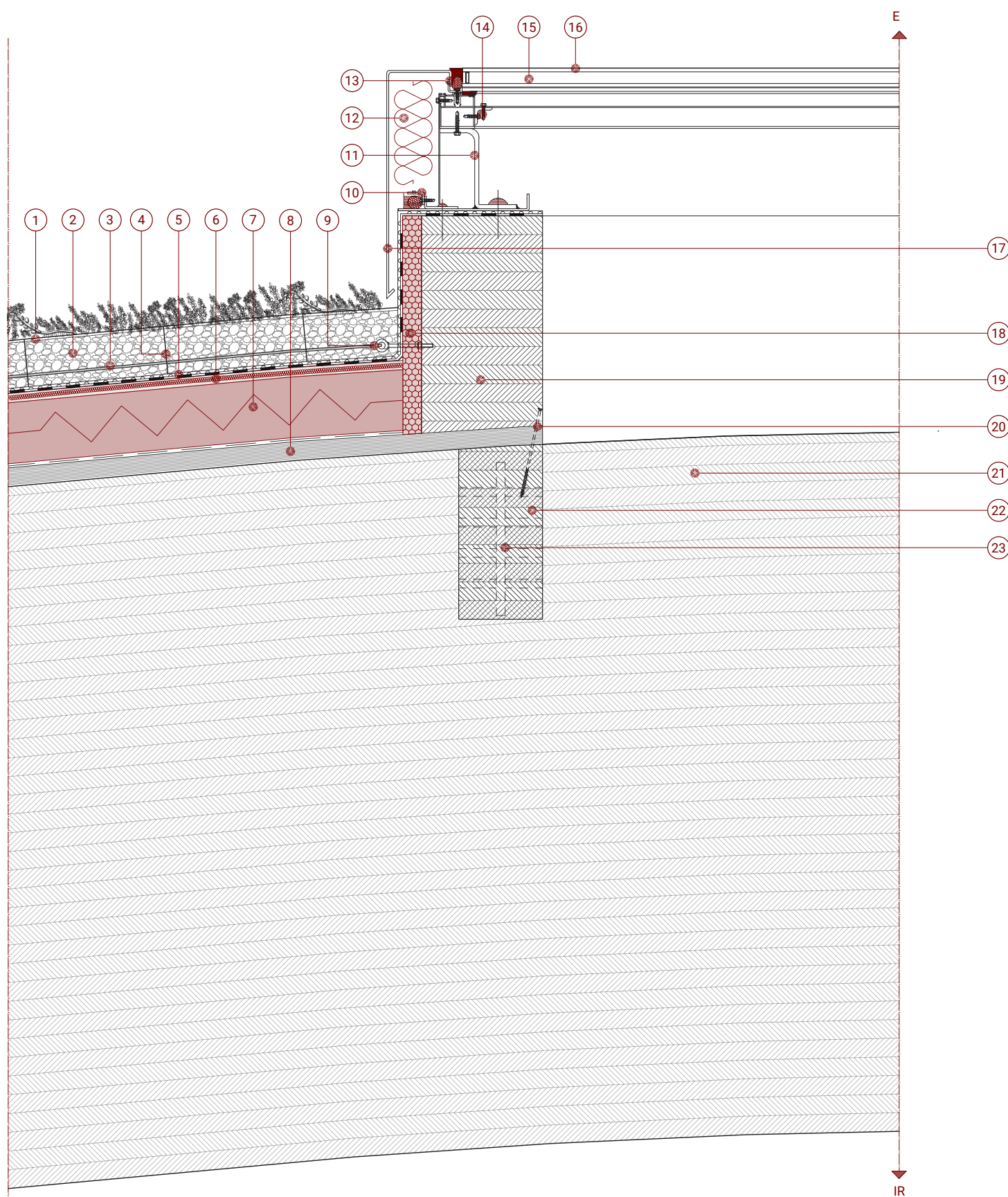


Fig. 8.15. NV 03 | Lucernario
- Estratto della tavola "Dettagli
costruttivi" - Rif. tav. 61

- 1 Strato coltivato in sedum e rinforzato con rete di supporto in HDPE (Tipo: Acromat120 Tappetino iD rinforzato - Spessore: 3 cm)
- 2 Strato di substrato minerale (Tipo: Acromat120 iD Mat Sedum Select - Spessore: 10 cm)
- 3 Dispositivo antiscivolo con funi di ritegno in acciaio zincato (Tipo: Eurofuni F2 FAZ 719 - Diametro: 0,5 cm - Resistenza a trazione: 9,30 kN)
- 4 Dispositivo antierosione alveolare (Tipo: Acromat Multifix 3D - Spessore: 28,7x32x10 cm)
- 5 Strato impermeabilizzante e di drenaggio (Tipo: Acromat120 Textidrain ID 101 - Spessore: 1 cm)
- 6 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Tipo: Rothoblaas Traspir Metal - Spessore: 0,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,3 W/mK - Classe di densità: ρ : 65 Kg/m³)
- 7 Strato di isolamento termico con componente isolante in schiuma polyiso, rivestito con velo vetro bitumato accoppiato in PP sulla faccia superiore (Tipo: Stiferite Class B - Spessore: 10 cm - Conducibilità termica λ : 0,033 W/mK - Classe di densità: 44 Kg/m³) + Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo (Tipo: Oover-Foil Mifol 125 AV - Spessore: 0,031 cm - Conducibilità termica λ : 220 W/mK - Classe di densità: 416 Kg/m³) + Tasselli di fissaggio a chiodo per isolanti (Tipo: Hilti HIF Insulation Fastener)
- 8 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Tipo: Steico LVL X - Spessore: 3,3 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK - Densità ρ : 530 kg/m³)
- 9 Anello di ancoraggio con piastra di base per fissaggio del cavo di acciaio
- 10 Scossalina da sottotetto prefabbricata in alluminio (Spessore: 0,25 cm) + Elemento di supporto e guarnizione in EDPM continua + Elemento di fissaggio alla sottostruttura - Viti per strutture in legno con testa svasata e filettatura parziale (Tipo: Hilti S-WCP-Z - Lunghezza: 20 cm - Diametro: 1 cm)
- 11 Elemento di collegamento e di ripartizione dei carichi in alluminio
- 12 Scossalina metallica di protezione e di chiusura in alluminio + Strato di isolante termico e acustico in lana di vetro (Tipo: Knauf Insulation Ultracoustic R - Spessore: 6,0 cm - Conducibilità termica λ : 0,037 W/mK - Densità ρ : 17 kg/m³)
- 13 Elemento di supporto e guarnizione in EDPM continua
- 14 Elementi di fissaggio - Vite, bullone di filettatura e dado autofilettante in acciaio ad alta resistenza e rivestimento multistrato (Tipo: Hilti MT-TFB OC - Peso: 0,03 kg - Diametro: 1,3 cm)
- 15 Finestra da tetto circolare in elementi tubolari di alluminio (Tipo: Acurlite Round Skylight - Dimensioni: variabili)
- 16 Pellicola incollata per il controllo solare per filtraggio e ottimizzazione degli apporti solari (Tipo: 3M Prestige 50 Exterior- Trasmissione della luce visibile: 50% - Spessore: 0,05 mm)
- 17 Scossalina metallica di protezione della guaina impermeabilizzante (Spessore: 1 cm)
- 18 Strato di isolamento termico in lastre di vetro cellulare (Tipo: Glapor PG 600.5 - Spessore: 4 cm - Conducibilità termica λ : 0,05 W/mK - Classe di densità: ρ : 100 Kg/m³)
- 19 Sottostruttura di sostegno per finestra da tetto in legno lamellare GL28h
- 20 Viti per strutture in legno con testa svasata e filettatura parziale (Tipo: Hilti S-WCP-Z - Lunghezza: 20 cm - Diametro: 1 cm)
- 21 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 82x150 cm)
- 22 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 17x36 cm)
- 23 Sistema di aggancio in acciaio alla struttura di sostegno primaria

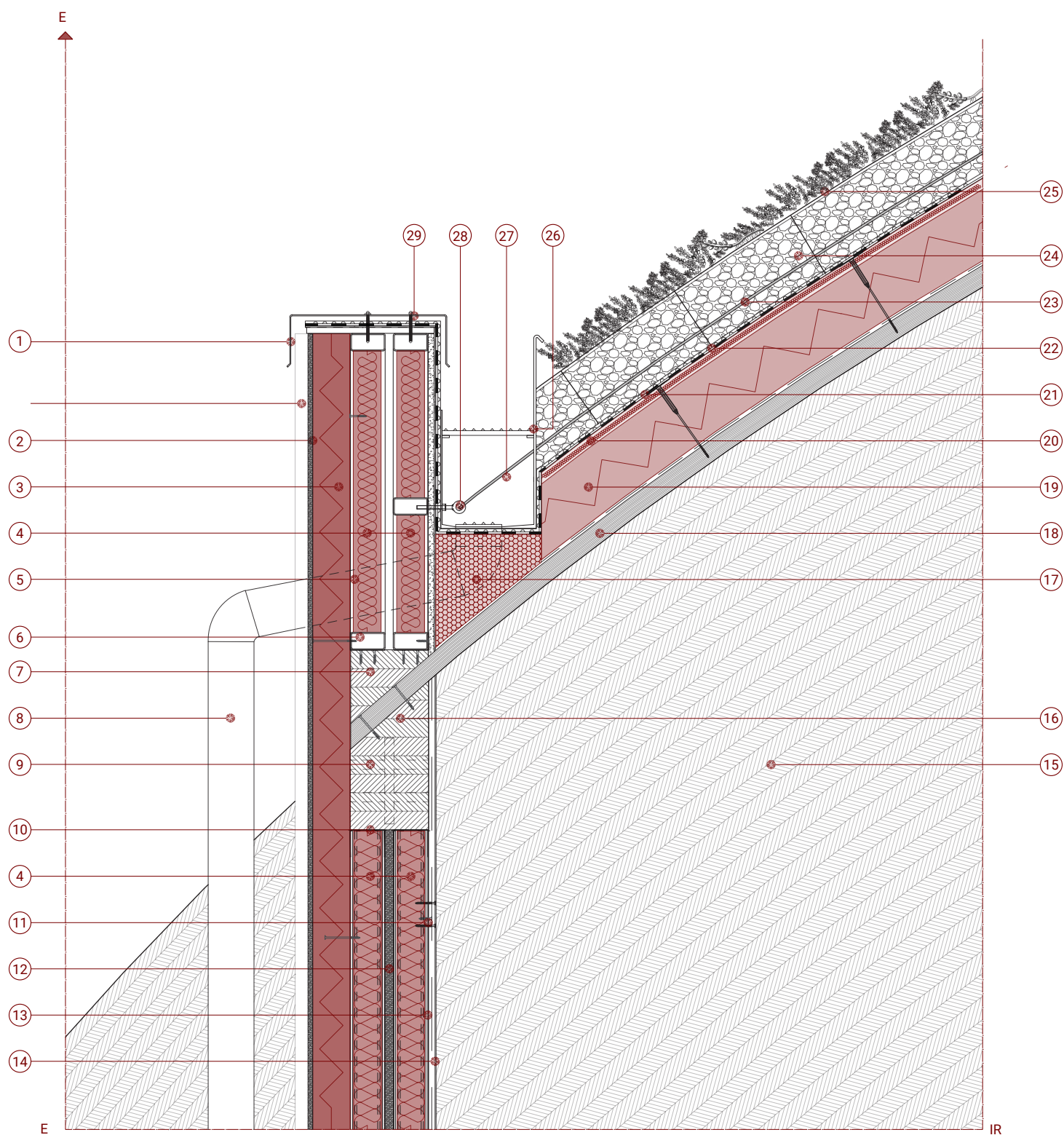


Fig. 8.16. NV 04 | Canale di gronda
- Estratto della tavola "Dettagli
costruttivi" - Rif. tav. 62

- 1 Scossalina metallica di protezione in alluminio (Spessore: 0,2 cm)
- 2 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Tipo: Steico LVL X - Spessore: 1 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK - Densità ρ : 530 kg/m³) - **Lastra grecata in alluminio preverniciato con calandratura e pannello anticondensa preaccoppiata** (Tipo: Alubel Forma tipo 4.1 - Spessore: 0,6 mm - Larghezza: 45 cm (Utile: 40,3 cm) - Altezza greca: 2,8 cm - 1,4 cm - Lunghezza greca: 6,1 cm - 3,0 cm)
- 3 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso sintetizzato EPS (Tipo: Weber F100 - Spessore: 8 cm - Conducibilità termica λ : 0,035 W/mK - Densità ρ : 20 Kg/m³)
- 4 Strato di isolante termico e acustico in lana di vetro (Tipo: Knauf Insulation Ultracoustic R - Spessore: 6,0 cm - Conducibilità termica λ : 0,037 W/mK - Densità ρ : 17 kg/m³)
- 5 Tubolare in acciaio (Larghezza: 7,5 cm - Spessore: 0,2 cm)
- 6 Tubolare in acciaio (Larghezza: 7,5 cm - Spessore: 0,2 cm) + Staffa a L per il fissaggio alla sottostruttura + Elementi di fissaggio - Viti per strutture in legno con testa svasata e filettatura parziale (Tipo: Hilti S-WCP-Z - Lunghezza: 3 cm - Diametro: 0,7 cm)
- 7 Blocco in legno lamellare di riempimento e di livellamento
- 8 Pluviale in lega di rame elettrosaldato (Tipo: Simlet Pluvio - Diametro: 11 cm)
- 9 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 17x27 cm) + Sistema di aggancio in acciaio alla struttura di sostegno primaria
- 10 Sottostruttura metallica - Orditura metallica in profili a C in acciaio zincato (Tipo: Knauf C50/75/50 - Spessore: 0,6 mm - Lunghezza: 320 cm - Peso: 2,54 Kg) + **Sottostruttura metallica - Guida metallica deformabile in acciaio zincato** (Tipo: Knaufixy GK 75 - Spessore: 0,6 mm - Lunghezza: 300 cm - Peso: 2,32 Kg)
- 11 Viti autopерforanti (Tipo: Knauf XTN 23 - Knauf XTN 38)
- 12 Pannello OSB (Tipo: Galloppini OSB/3 - Spessore: 1,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK)
- 13 Strato di barriera al vapore in tessuto non tessuto di polipropilene fibrorinforzato (Tipo: Rothoblaas Vapor140 - Spessore: 0,15 cm - Conducibilità termica λ : 0,50 W/mK - Densità ρ : 1400 kg/m³)
- 14 Stucco con leganti a base di gesso (Tipo: Knauf K462FugenfüllerLeicht - Spessore: 0,25 cm) + **Doppia lastra in gesso rivestito altamente flessibile** (Tipo: Knauf Flexilastra - Spessore: 1,25 cm - Conducibilità termica λ : 0,20 W/mK - Densità ρ : > 769 kg/m³)
- 15 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 82x150 cm)
- 16 Viti per strutture in legno con testa svasata e filettatura parziale (Tipo: Hilti S-WCP-Z - Lunghezza: 20 cm - Diametro: 1 cm)
- 17 Strato termoisolante in lastre di vetro cellulare ad alta densità (Tipo: Bacchi Glapor PG 900.3 - Spessore: 4 cm - Conducibilità termica λ : 0,049 W/mK - Densità ρ : 130 Kg/m³)
- 18 Strato di ripartizione dei carichi - assito in legno microlamellare (Tipo: Steico LVL X - Spessore: 3,3 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK - Densità ρ : 530 kg/m³)
- 19 Strato di isolamento termico con componente isolante in schiuma polyiso, rivestito con velo vetro bitumato accoppiato in PP sulla faccia superiore (Tipo: Stiferite Class B - Spessore: 10 cm - Conducibilità termica λ : 0,033 W/mK - Classe di densità: 44 Kg/m³) + **Strato di barriera al vapore in foglio di LDPE, accoppiato a un foglio di alluminio rivestito e protetto da un foglio di polietilene, con rete di rinforzo** (Tipo: Oover-Foil Miofol 125 AV - Spessore: 0,031 cm - Conducibilità termica λ : 220 W/mK - Classe di densità: 416 Kg/m³)
- 20 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Tipo: Rothoblaas Traspir Metal - Spessore: 0,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,3 W/mK - Classe di densità: ρ : 65 Kg/m³)
- 21 Strato impermeabilizzante e di drenaggio (Tipo: Acromat120 Textidrain ID 101 - Spessore: 1 cm)
- 22 Dispositivo antierosione alveolare (Tipo: Acromat Multifix 3D - Spessore: 28,7x32x10 cm)
- 23 Dispositivo antiscivolo con funi di ritegno in acciaio zincato (Tipo: Eurofuni F2 FAZ 719 - Diametro: 0,5 cm - Resistenza a trazione: 9,30 kN)
- 24 Strato di substrato minerale (Tipo: Acromat120 iD Mat Sedum Select - Spessore: 10 cm)
- 25 Strato coltivato in sedum e rinforzato con rete di supporto in HDPE (Tipo: Acromat 120 Tappetino ID Rinforzato - Spessore: 3 cm)
- 26 Dispositivo di separazione tra substrato di coltivazione e area sterile in acciaio con rivestimento in zinco-alluminio-magnesio forato sul 25% della superficie per permettere circolazione delle acque meteoriche (Tipo: Le Prieur Multifix L - Spessore: 0,2 cm - Altezza: 30 cm) + **Geotessile non tessuto in poliestere di filtraggio** (Tipo: IVela TNT 200 - Spessore: 0,07 cm)
- 27 Griglia di protezione e di filtraggio delle impurità
- 28 Anello di ancoraggio con piastra di base per fissaggio del cavo di acciaio
- 29 Scossalina metallica di protezione (Spessore: 0,25 cm) + Sistema di fissaggio - Viti autopерforanti per acciaio con rondella in EPDM in acciaio inox A2 a testa esagonale (Tipo: Rothoblaas SAR - Lunghezza: 4,5 cm - Diametro: 0,4 cm)

NV05 | ATTACCO SUPERIORE FACCIATA CONTINUA

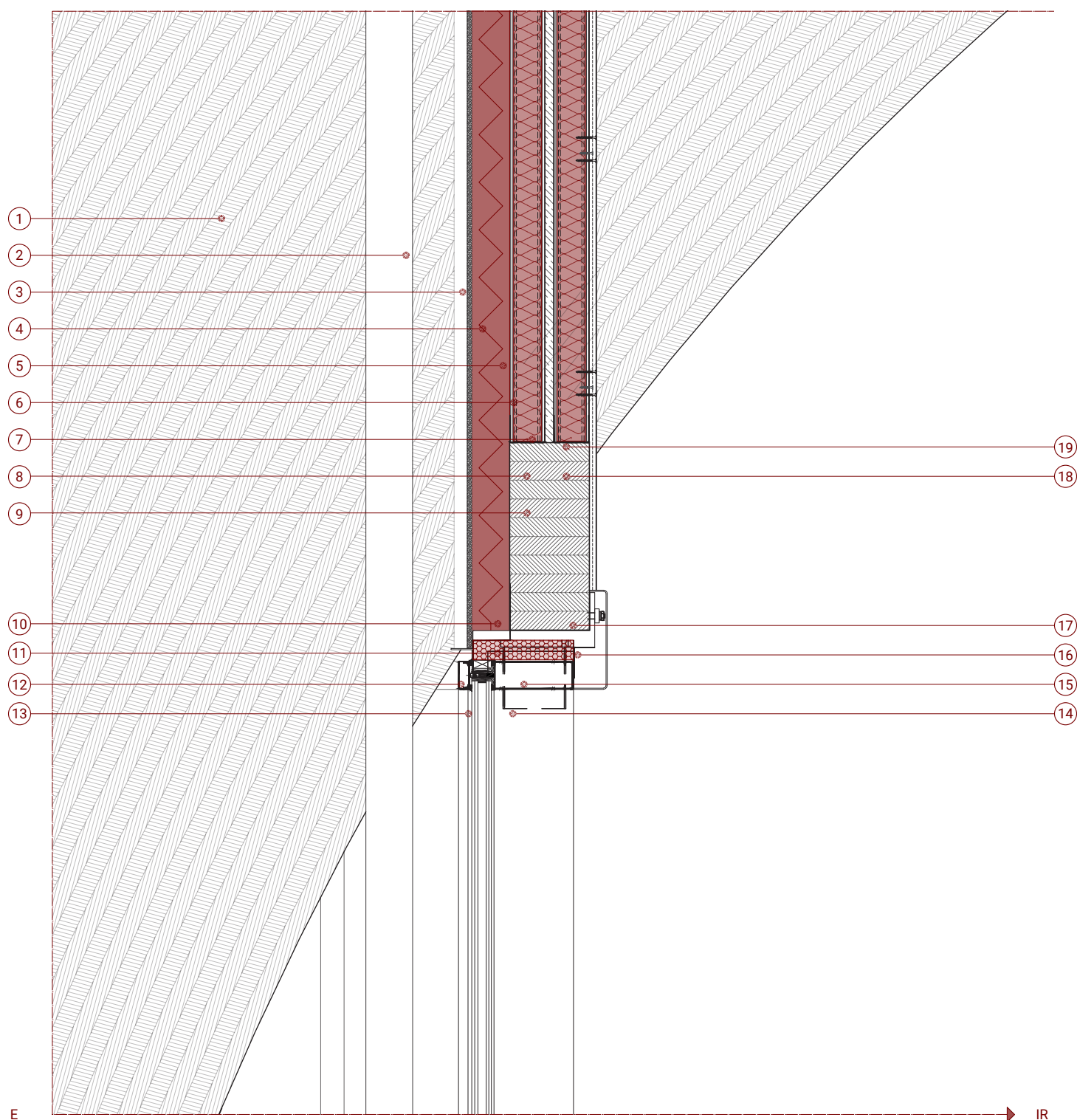


Fig. 8.17. NV 05 | Attacco superiore
facciata continua - Estratto della
tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav.
63

- 1 Struttura di sostegno primaria - Trave in legno lamellare GL32h (Sezione: 72x150 cm - 82x150 cm)
- 2 Pluviale in PVC-U e tecnopolimeri (Tipo: First Plast Cupraelite - Diametro: 10 cm)
- 3 Lastra in cemento rinforzato e armata con rete in fibra di vetro (Tipo: Knauf Aquapanel Outdoor - Spessore: 1,25 cm) + Strato di finitura esterno - Rasante a base cemento additivato con resina sintetica (Tipo: Knauf Aquapanel Exterior Basecoat - Spessore: 0,25 cm - Conducibilità termica λ : 0,54 W/mK - Densità ρ : > 600 kg/m³)
- 4 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso sintetizzato EPS (Tipo: Weber F100 - Spessore: 8 cm - Conducibilità termica λ : 0,035 W/mK - Densità ρ : 20 Kg/m³)
- 5 Sottostruttura metallica - Orditura metallica in profili a C in acciaio zincato (Tipo: Knauf C50/75/50 - Spessore: 0,6 mm - Lunghezza: 320 cm - Peso: 2,54 Kg)
- 6 Strato di isolante termico e acustico in lana di vetro (Tipo: Knauf Insulation Ultracoustic R - Spessore: 6,0 cm - Conducibilità termica λ : 0,037 W/mK - Densità ρ : 17 kg/m³)
- 7 Pannello OSB (Tipo: Galloppini OSB/3 - Spessore: 1,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,13 W/mK - Densità ρ : 607 kg/m³)
- 8 Sottostruttura metallica - Guida metallica deformabile in acciaio zincato (Tipo: Knaufixy GK 75 - Spessore: 0,6 mm - Lunghezza: 300 cm - Peso: 2,32 Kg)
- 9 Struttura di sostegno secondaria - Trave in legno lamellare GL28h (Sezione: 17x40 cm) + Sistema di aggancio in acciaio alla struttura di sostegno primaria
- 10 Scossalina di protezione pressopiegata in alluminio (Spessore: 1,5 cm)
- 11 Scossalina di protezione pressopiegata in alluminio (Spessore: 1,5 cm) + Sottogiunto metallico + Strato termoisolante in schiuma poliuretanica autoespandenti (Tipo: Mapei Mapepur Universal Foam M/G - Conducibilità termica λ : 0,039 W/mK - Densità ρ : 35 Kg/m³)
- 12 Cartella metallica di chiusura
- 13 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Doppio vetro con intercapedine (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Isolamento termico: 0,56 W/m²K - Isolamento termico R_w : 33/60 dB)
- 14 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Montante metallico (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Dimensione: 25x5 cm)
- 15 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Traverso metallico (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Dimensione: 25x5 cm) + Piastra metallica di fissaggio all'arco in legno lamellare (Spessore: 1,5 cm)
- 16 Scossalina pressopiegata di protezione degli elementi di fissaggio in alluminio (Spessore: 1,5 cm)
- 17 Piastra di fissaggio del sistema di facciata continua a montanti e traversi a L (Spessore: 1,5 cm) + Elemento di fissaggio - Barre filettate, dadi e rondelle in acciaio elettrozincato (Tipo: Rothoblaas MET MGS 1000-8.8 - Dimensione: 25x5 cm)
- 18 Stucco con leganti a base di gesso (Tipo: Knauf K462 Fugenfüller Leicht - Spessore: 0,25 cm) + Doppia lastra in gesso rivestito altamente flessibile (Tipo: Knauf Flexilastra - Spessore: 1,25 cm - Conducibilità termica λ : 0,20 W/mK - Densità ρ : > 769 kg/m³)
- 19 Strato di barriera al vapore in tessuto non tessuto di polipropilene fibrorinforzato (Tipo: Rothoblaas Vapor140 - Spessore: 0,15 cm - Conducibilità termica λ : 0,50 W/mK - Densità ρ : 1400 kg/m³)
- 20 Viti auto perforanti (Tipo: Knauf XTN 23 - Knauf XTN 38)

NV06 | ATTACCO INFERIORE FACCIAIA CONTINUA

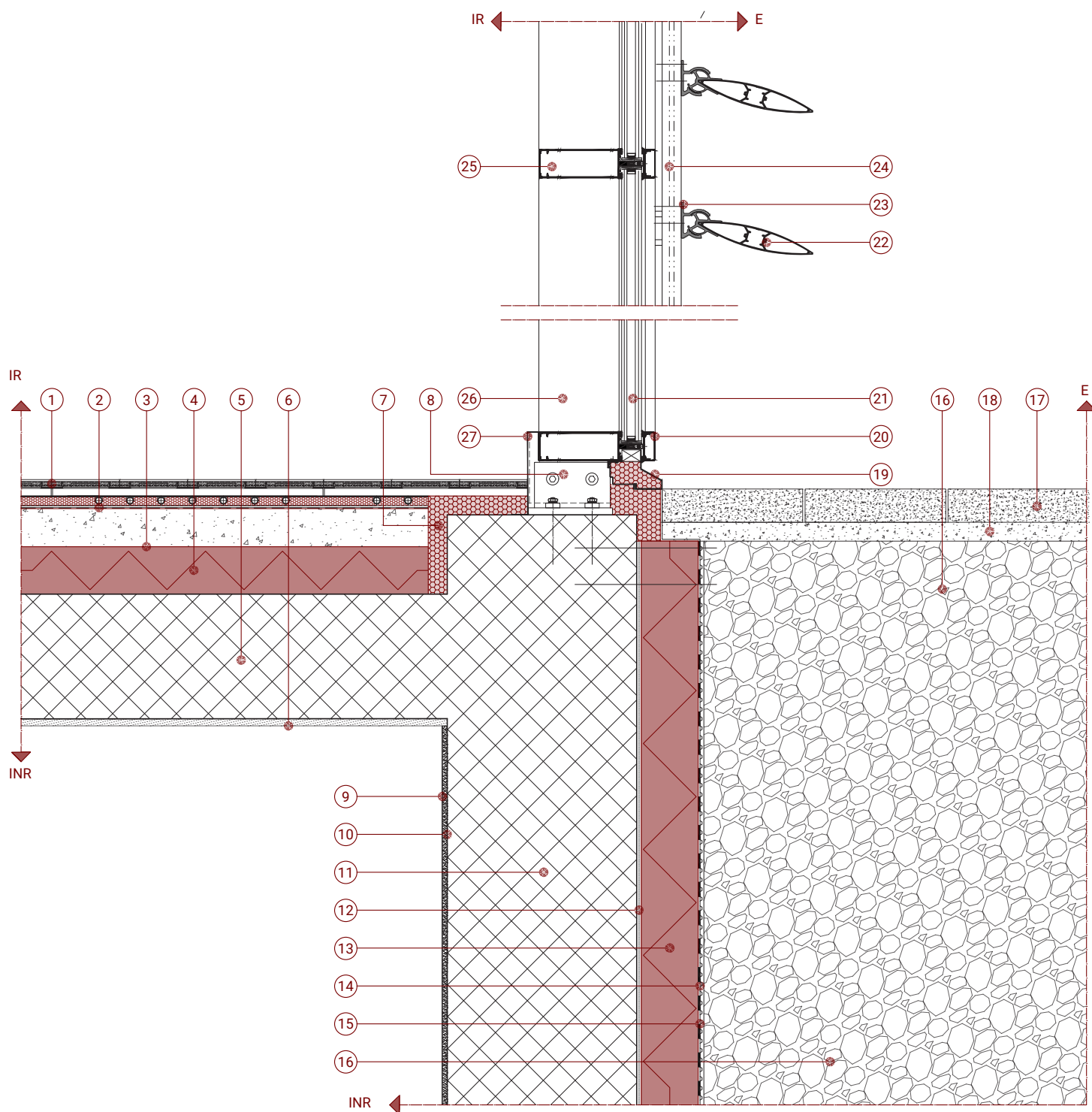


Fig. 8.18. NV 06 | Attacco inferiore
facciata continua - Estratto della
tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav.
64

- 1 Strato di finitura - a. Pavimento in parquet (Tipo: Garbelotto, ClipUp System - Finitura in rovere - Spessore: 1,6 cm)
- 2 Strato di isolamento termico in EPS con impianto di riscaldamento a pavimento + Piastre in alluminio di diffusione termica (Tipo: NewFloor - Spessore: 2 cm) + Strato di livellamento per passaggio condotti per impianti in massetto di sabbia-cemento (Tipo: Leca Lecamix Fast - Spessore: 8 cm)
- 3 Strato di isolamento acustico con tappetino antirombo (Tipo: Rothoblaas Traspir Metal - Spessore: 0,8 cm - Conducibilità termica λ : 0,3 W/mK - Classe di densità: p: 65 Kg/m³)
- 4 Strato termoisolante in pannelli in polistirene espanso estruso XPS (Tipo: Styrodur Styrodur 2500C - Spessore: 10 cm - Conducibilità termica λ : 0,035 W/mK - Densità p: 28 Kg/m³)
- 5 Strato portante in calcestruzzo armato 25/30 (Tipo: LecaCLS 1800 - Spessore: 40 cm - Modulo elastico E: 25000 MPa - Conducibilità termica λ : 0,70 W/mK - Classe di densità: D 1.9 (circa 1800 Kg/m³))
- 6 Strato di finitura - Intonaco e lisciatura a base di gesso per interni (Tipo: Fassa Bortolo ZM 136 - Spessore: 0,5 cm - Densità p: 1150 Kg/m³)
- 7 Strato termoisolante in lastre di vetro cellulare ad alta densità (Tipo: Bacchi Glapor PG 900.3 - Spessore: 4 cm - Conducibilità termica λ : 0,049 W/mK - Densità p: 130 Kg/m³)
- 8 Piastra di acciaio per l'ancoraggio del sistema di facciata continua alla struttura in calcestruzzo armato + Tasselli a battere in acciaio inox a testa esagonale (Tipo: Hilti HST4-R - Diametro: 1,8 cm - Lunghezza: 14 cm)
- 9 Strato di finitura interno - Malta da rasatura traspirante a tessitura ultrafine (Tipo: Phase K06 - Spessore: 0,1 cm - Colore: bianco - Conducibilità termica λ : 0,72 W/mK - Densità p: 1700 Kg/m³)
- 10 Intonaco di fondo a base di calce idraulica naturale (Tipo: Mapei MapeWall - Spessore: 1 cm - Dimensione massima aggregato: 0,14 cm - Conducibilità termica λ : 0,57 W/mK - Densità p: 1750 Kg/m³)
- 11 Strato portante in calcestruzzo armato 25/30 (Tipo: LecaCLS 1800 - Spessore: 40 cm - Modulo elastico E: 25000 MPa - Conducibilità termica λ : 0,70 W/mK - Classe di densità: D 1.9 (circa 1800 Kg/m³))
- 12 Collante alleggerito e fibrato a base di calce idraulica naturale (Tipo: Fassa Bortolo Eco-Light 950 - Spessore: 1 cm - Conducibilità termica λ : 0,31 W/mK - Densità p: 950 Kg/m³)
- 13 Strato termoisolante in pannelli di polistirene espanso sintetizzato EPS (Tipo: Weber F100 - Spessore: 12 cm - Conducibilità termica λ : 0,035 W/mK - Densità p: 20 Kg/m³)
- 14 Strato di tenuta all'acqua - Membrana impermeabilizzante elastoplastomerica armata ad alta concentrazione di bitume distillato (Tipo: Index Lighter - Spessore: 0,4 cm - Conducibilità termica λ : 0,20 W/mK - Densità p: 1200 Kg/m³)
- 15 Strato protettivo e drenante in polietilene ad alta densità (HDPE) con geotessuto integrato (Tipo: Dorken Delta Terraxx - Spessore: 0,8 cm - Volume d'aria tra i livelli: 7,9 l/m² - Resistenza alla compressione: 400 kN/m² - Conducibilità termica λ : 0,15 W/mK - Densità p: 950 Kg/m³)
- 16 Terreno di riporto
- 17 Strato di finitura in lastre di calcestruzzo drenante (Tipo: Gallotta Five Stone Fintering - Finitura: Serizzo - Dimensione: 30x60x7 cm)
- 18 Stato di allettamento in sabbia compattata (Spessore: 4 cm)
- 19 Scossalina di protezione pressopiegata in alluminio (Spessore: 1,5 cm) + Sottogiunto metallico + Strato termoisolante in schiuma poliuretanica autoespandenti (Tipo: Mapei Mapepur Universal Foam M/G - Conducibilità termica λ : 0,039 W/mK - Densità p: 35 Kg/m³)
- 20 Cartella metallica di chiusura
- 21 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Doppio vetro con intercapedine (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Isolamento termico: 0,56 W/m²K - Isolamento termico Rw: 33/60 dB)
- 22 Sistema frangisole per facciate continue - Lamelle metalliche in alluminio (Tipo: Aluprof MB-Sunprof - Dimensioni: 30x5,2 cm - Passo: 30 cm)
- 23 Sistema frangisole per facciate continue - Elemento di connessione regolabile in alluminio (Tipo: Aluprof MB-Sunprof)
- 24 Sistema frangisole per facciate continue - Sottostruttura metallica di sostegno (Tipo: Aluprof MB-Sunprof - Spessore: 6 cm)
- 25 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Traverso metallico (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Dimensione: 25x5 cm)
- 26 Sistema di facciata continua a montanti e traversi - Montante metallico (Tipo: Reynaers Aluminium Concept Wall 50 - Dimensione: 25x5 cm)
- 27 Scossalina di protezione pressopiegata in alluminio (Spessore: 1,5 cm) + Cloruro di polivinile espanso a cellule semichiuse

8.5.1. ANALISI PONTI TERMICI

Un'ulteriore verifica condotta in ambito tecnologico è stata la verifica della corretta risoluzione dei ponti termici in corrispondenza dei nodi che mettono in relazione interno ed esterno. I casi analizzati sono i nodi verticali il numero 03 (lucernario) e 06 (attacco inferiore facciata continua).

Si tratta dei punti costruttivamente più critici, in cui la continuità tra gli strati isolanti è ridotta a causa della presenza di elementi strutturali o di giunzione e in cui il rischio di dispersione termica localizzata aumenta la possibilità di formazione di condensa superficiale.

Le analisi sono state condotte con l'aiuto del software Therm, il quale ci ha permesso di simulare il comportamento termico modellando ciascuna interfaccia geometricamente e matericamente.

Dal software è possibile estrarre i valori di trasmittanza U_{factor} e la lunghezza dell'elemento simulato per il calcolo della trasmittanza termica lineica del nodo (L_{2D}). A partire da questo valore è stato possibile calcolare il coefficiente di dispersione termica Ψ che rappresenta il contributo del ponte termico rispetto alle dispersioni già valutate nelle stratigrafie.

Il calcolo è stato svolto seguendo la norma UNI EN ISO 14683 – Ponti termici in edilizia, in particolare:

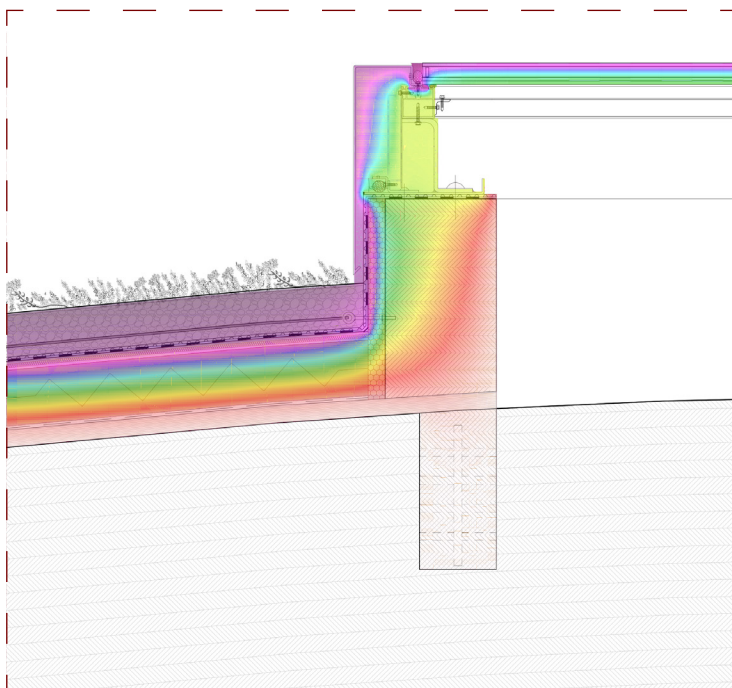
$$\Psi = L_{2D} - \sum(U_i \cdot L_i)$$

- L_{2D} = coefficiente di accoppiamento termico lineico [W/mK]
- U_i = trasmittanza termica della stratigrafia [W/m²K]
- L_i = lunghezza del tratto corrispondente considerato nella simulazione [m]

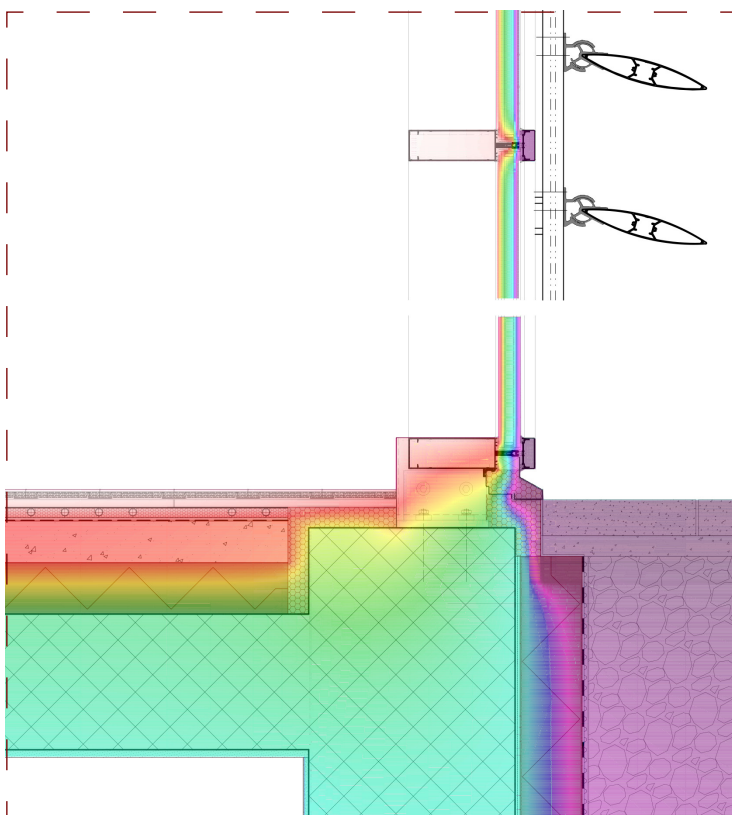
Il valore ottenuto è stato confrontato con il corrispondente valore di riferimento da normativa (Ψ_r), che varia in base a tipologia di nodo e posizione dell'isolante, confermando la verifica di tutti i nodi analizzati.

Nodo	Stratigrafia	U	L	U	L	L	Ψ	Ψ_r	Verifica
		[W/m²K]	[m]	[W/m²K]	[m]	[W/mK]	-	-	-
NV03	CO04	0,15	2,86	0,25	2,86	0,71	0,29	0,30	VERIFICATO
NV04	CO04	0,15	2,14	0,19	4,75	0,92	0,10	0,15	VERIFICATO
	CV04	0,19	2,61						VERIFICATO
NV05	CV04	0,19	2,61	0,23	2,61	0,60	0,10	0,10	VERIFICATO
NV06	PO01	0,19	1,69	0,09	1,69	0,15	0,10	0,20	VERIFICATO
	CV02	0,23	1,60	0,40	1,60	0,64			VERIFICATO

Tab. 8.1. Tabella riassuntiva di verifica dei ponti termici



NV03 | LUCERNARIO



NV06 | ATTACCO
INFERIORE FACCIA
CONTINUA

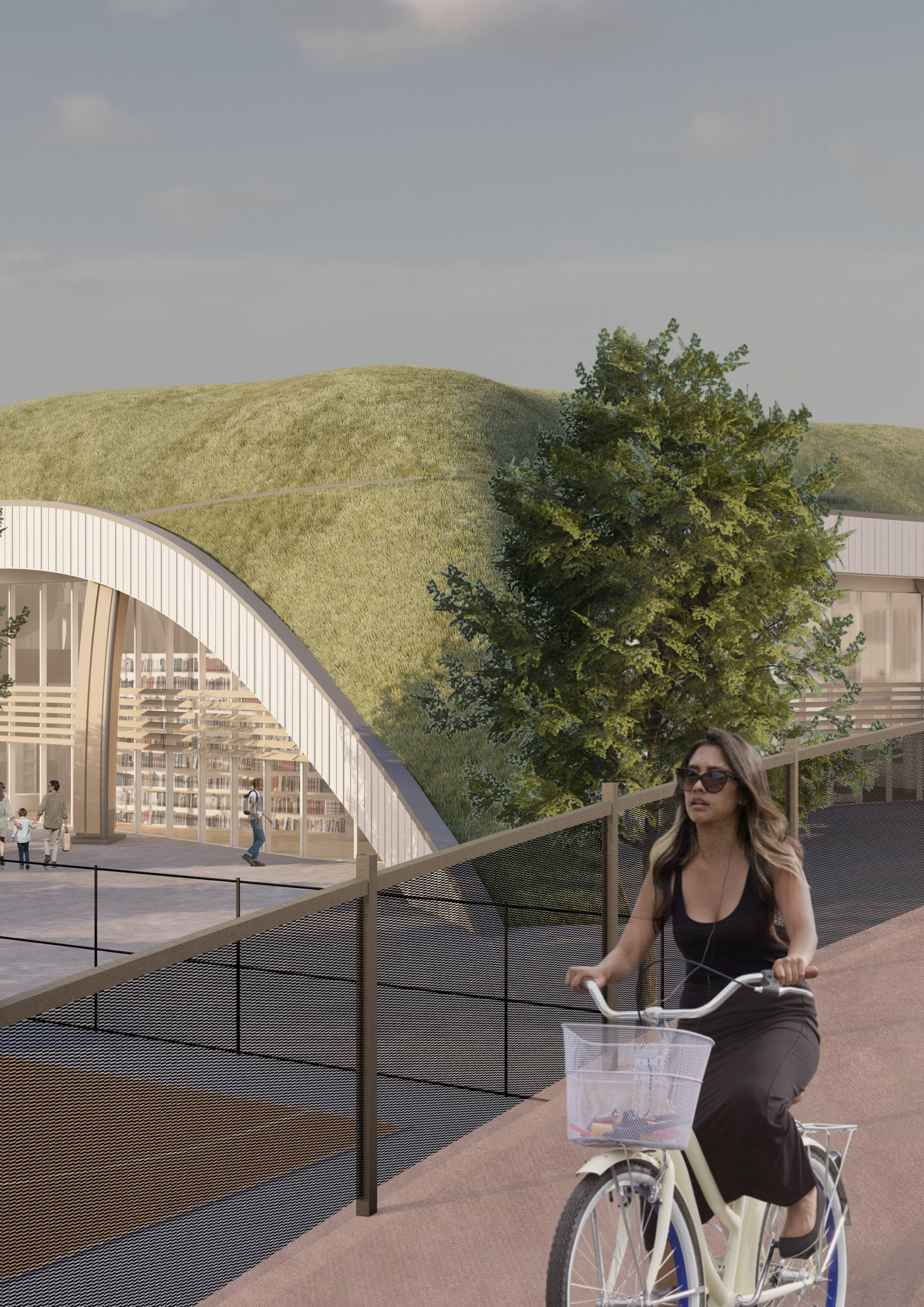
Fig. 8.19. NV 03 | Lucernario - Estratto della tavola "Analisi ponti termici" - Rif. tav. 65

Fig. 8.20. NV 06 | Attacco inferiore facciata continua - Estratto della tavola "Analisi ponti termici" - Rif. tav. 66

Nella pagina successiva:

Fig. 8.21. Vista dal sovrappasso ciclopodonale





9. ANALISI CLIMATICHE

9.1. INTRODUZIONE

Cesano Maderno si trova in zona climatica E, secondo la vigente normativa italiana (DPR 412/93).

Le analisi svolte si basano su medie relative ai valori rilevati negli ultimi 30 anni¹⁷², queste rispecchiano il tipico clima continentale, con un aumento nei mesi estivi sia delle temperature che della piovosità. Di fatti, le precipitazioni non si concentrano solo nei mesi di Novembre e Maggio, ma risultano spesso frequenti anche nei mesi più caldi rilevando un clima sempre più caldo e umido.

Inoltre, il cielo risulta per lo più parzialmente coperto o soleggiato, raramente completamente coperto, permettendo di avere dei buoni livelli di luminosità nell'intero arco delle giornate con luce più diffusa e contrasti meno netti. Seguendo anche quanto visibile dal diagramma solare si possono sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti a sud, grazie ad una posizione molto bassa del sole. Dall'altro lato, invece, occorre fare attenzione a schermare nel mese di Giugno, che copre un arco solare molto ampio.

I venti sono per lo più di bassa intensità, quindi non si può garantire una ventilazione naturale ottimale, di fatto raramente si superano i 20km/h provenienti dalla direzione nord-est.

Alla luce di queste analisi, risulta fondamentale una maggiore attenzione alla vivibilità dello spazio esterno, soprattutto nei mesi più caldi dell'anno in cui, a fronte delle precipitazioni frequenti e della scarsa ventilazione, si può percepire un clima particolarmente afoso.

Si è quindi scelto di migliorare questa condizione con l'inserimento di abbondante vegetazione caducifoglie, che mitighi il clima estivo, ma permetta di sfruttare al massimo la condizione invernale.

¹⁷² Le tabelle ed i valori riportati sono stati rielaborati sulla base dei dati forniti dal sito meteoblue.com

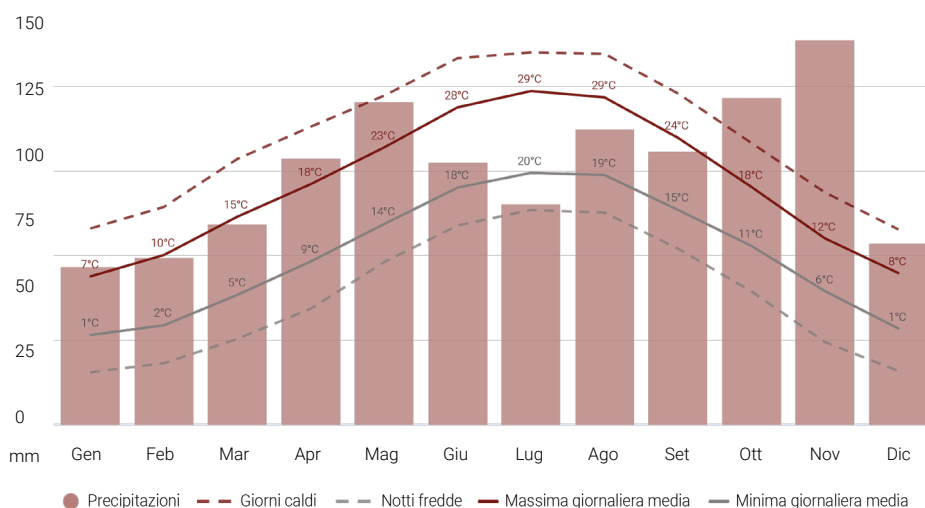
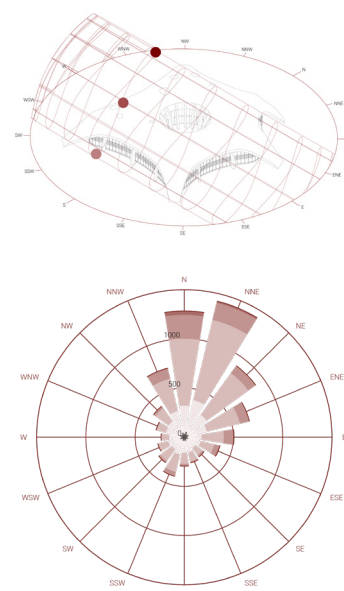


Fig. 9.1. Diagramma solare - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70

Fig. 9.2. Rosa dei venti - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70

Fig. 9.3. Temperature medie e precipitazioni - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70

9.2. OBIETTIVI E CONSIDERAZIONI INIZIALI

L'ambiente esterno è il primo spazio con cui le persone si relazionano e che viene vissuto da tutti coloro che entrano in contatto con l'area di progetto, anche solo di passaggio. Per questo motivo si è voluto studiare lo stato di comfort dell'intero lotto sia per quanto riguarda gli spazi di passaggio sia i luoghi di sosta.

Un'attenzione particolare ha riguardato le aree nelle immediate vicinanze dell'edificio di progetto, questo per comprendere e approfondire la relazione con l'edificio stesso e come gli utenti possano vivere lo spazio esterno attivamente. Su queste stesse aree sono stati svolti accorgimenti differenti in relazione alla funzione in esse inserite ed ai possibili riscontri che avrebbero avuto sull'interno.

Nella piazza principale, che porta all'ingresso dell'edificio, si è preferito optare per una disposizione meno fitta degli alberi, mantenendo lo spazio quanto più aperto possibile, per cercare di conciliare il benessere ristorativo degli elementi naturali con la funzionalità di uno spazio più aperto sia in termini di versatilità, sia di facilità di orientamento. Questa risulta infatti l'unica zona con una minore ricchezza vegetale, identificando al meglio l'ingresso principale.

L'area più a nord vede una vegetazione molto più distaccata dalla struttura, per non inficiare sugli apporti solari interni, avendo per sua natura un'esposizione meno favorevole. Qui si è però posta l'attenzione alla presenza del parco giochi, inserendo ulteriori elementi che potessero migliorare la vivibilità dello spazio.

Verso ovest si trova una vegetazione più fitta, essendo l'area dedicata a parco didattico. In questa zona gli elementi arborei risultano di dimensioni maggiori e variabili, ciò favorisce l'ombreggiamento anche del percorso ciclo-pedonale che corre all'interno del lotto. Tuttavia, avvicinandosi all'edificio, sono state svolte differenti considerazioni: la necessità era quella di avere alberi di altezza inferiore, che non impattassero negativamente sull'illuminamento del primo piano, ma che limitassero la radiazione incidente al piano terra.

Una considerazione simile è stata applicata per l'area a sud, dove ci si è allontanati ulteriormente dal costruito, ma la presenza di alberi permette l'utilizzo dell'arredo urbano anche nelle giornate estive.

Situazione differente riguarda invece l'esposizione ad est, dove la disposizione ottimale in relazione all'edificio è risultata essere quella con una maggiore vicinanza a questo, al fine di non avere situazioni di stress visivo, soprattutto per quanto riguarda i lavoratori della biblioteca.

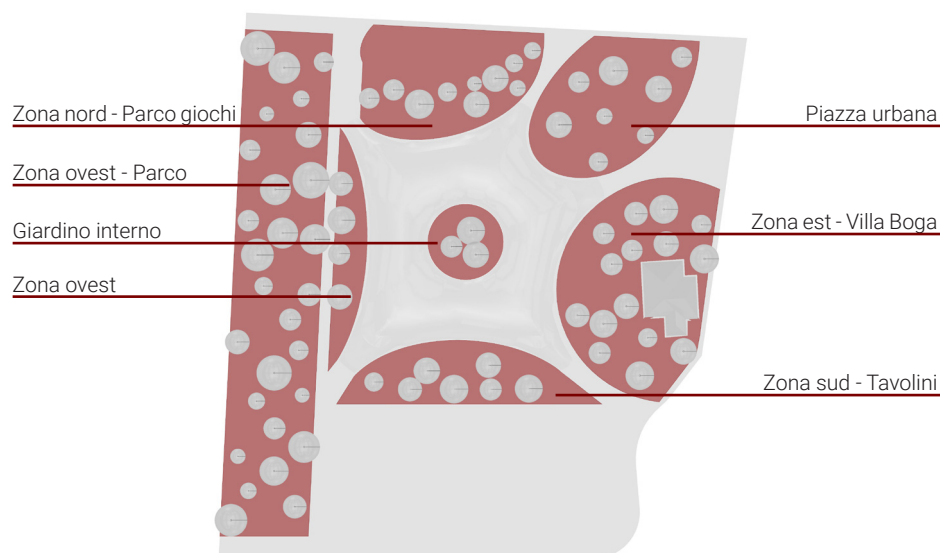


Fig. 9.4. Suddivisione in zone, estratto della tavola "Comfort esterno | Risultati" - Rif. tav. 72

9.3. WORKFLOW

Le analisi sono state condotte con l'ausilio dei plug-in di Grasshopper Ladybug ed Honeybee.

Grazie a queste componenti aggiuntive, è stato possibile importare nel software un file EPW, contenente i dati climatici relativi all'aeroporto di Milano Linate, luogo di raccolta dati meteorologici più vicino al sito di progetto.

Da questo file è stato possibile leggere tutti i valori necessari per le analisi seguenti, tra cui l'individuazione dei periodi in cui svolgere le simulazioni: sono stati estrapolati i giorni con le temperature medie, in modo che potessero fare da campione per giornate tipiche nell'arco dell'anno (dal 12 al 18 aprile, dal 13 al 19 Luglio e dal 13 al 19 Ottobre); inoltre, sono state identificate le giornate con i picchi massimi di caldo, in modo da essere certi che si potessero svolgere attività esterne anche nelle condizioni più critiche.

In primo luogo, sono state individuate e distinte le aree come indicato precedentemente; all'interno delle quali sono state simulate le chiome degli alberi come un elemento pieno, la cui dimensione e altezza variasse in modo parzialmente casuale, utilizzando la modellazione parametrica. In questo modo è stato possibile sia avere un controllo diretto sulle aree, sia rispettare la disposizione spontanea propria degli elementi naturali. Per i periodi di media stagione come Aprile ed Ottobre, la chioma degli alberi è stata dimezzata.

Al fine di simulare le persone, le aree sono state ulteriormente suddivise in una serie di punti casuali, elevati ad altezze variabili fino a 1,8 m da terra con la funzione *Human To Sky Relation*, così da valutare le condizioni in diversi parti del corpo ed ottenere un'analisi più completa. I punti sono stati poi interpolati con i dati climatici per calcolare la radiazione solare media incidente.

Gli output di questa funzione sono stati gli input fondamentali per calcolare il comfort esterno, che è stato calibrato sulla base dell'UTCI (*Universal Climate Thermal Index*), un parametro utilizzato per valutare il benessere dell'uomo. L'UTCI è una temperatura equivalente espressa in gradi Celsius che tiene conto non solo della temperatura dell'aria in un punto preciso dello spazio, ma anche dell'umidità relativa e della velocità del vento.

Esistono 10 categorie di stress termico UTCI¹⁷³:

- +46 °C: stress termico estremo
- +38/+46 °C: stress termico molto forte
- +32/+38 °C: forte stress termico
- +26/+32 °C: stress termico moderato
- +9/+26 °C: nessuno stress termico
- +9/0 °C: leggero stress da freddo
- 0/-13 °C: stress da freddo moderato
- -13/-27 °C: forte stress da freddo
- -27/-40 °C: stress da freddo molto forte
- -40 °C: stress da freddo estremo

Occorre specificare che i dati restituiti e visibili di seguito sono valori medi delle temperature nell'arco dell'intera giornata considerando le temperature dalle 7.00 alle 20.00 di sera, facendo sempre riferimento ai periodi indicati.

DATI UTILIZZATI

HUMAN TO SKY RELATION

UTCI

173 Climate Adept, Thermal Comfort Indices - Universal Thermal Climate Index, 1979-2020

9.4. SCELTA DELLA VEGETAZIONE

La vegetazione da inserire nel lotto è stata valutata tra le specie autoctone del Parco delle Groane. Tra questi elementi sono stati selezionati gli alberi che meglio si adattassero al progetto sulla base di altezza, dimensioni delle chiome e soprattutto tipologia dell'apparato radicale. L'ultimo aspetto è stato tenuto maggiormente in considerazione, vista la necessaria vicinanza di alcuni elementi alla struttura. In questo modo è stato possibile rispondere alle esigenze tecnologiche e di biofilia, senza compromettere gli aspetti strutturali.

Nome Comune	Nome Scientifico	Altezza	Diametro Chioma	Apparato Radicale	Note
Farnia	Quercus robur	20-35 m	15-20 m	Fitto Profondo	Molto profondo da giovane, si espande lateralmente con l'età.
Carpino Bianco	Carpinus betulus	15-20 m	8-12 m	Fascicolato Superficiale	Radici molto espanse lateralmente, ideali per consolidare scarpate.
Acero Campestre	Acer campestre	10-15 m	6-8 m	Cuoriforme Medio	Sistema equilibrato, non eccessivamente invasivo, tollera bene la compattazione.
Betulla Bianca	Betula pendula	15-20 m	5-7 m	Superficiale Orizzontale	Radici molto espanse orizzontalmente; sensibile ai danni meccanici al suolo.
Nocciolo	Corylus avellana	4-6 m	3-5 m	Superficiale Esteso	Tende a formare molti polloni; radici fitte che non scendono molto in verticale.
Nespolo Comune	Mespilus germanica	3-5 m	3-4 m	Medio Espanso	Apparato contenuto, adatto a piccoli spazi, sviluppo prevalentemente orizzontale.
Gelso Nero	Morus nigra	7-10 m	6-10 m	Robusto Profondo	Radici potenti e lunghe, tendenti a scendere in profondità ma capaci di sollevare pavimentazioni se vicine.
Melo	Malus domestica	4-6 m	4-5 m	Superficiale Medio	Dipende molto dal portinnesto, ma generalmente si sviluppa nei primi 60-80 cm di suolo.
Sanguinella	Cornus sanguinea	2-4 m	2-3 m	Fascicolato Superficiale	Molto ramificato e denso, ottimo per trattenere il terreno superficiale.
Biancospino	Crataegus monogyna	3-5 m	4-5 m	Fitto Medio	Radici verticali e poco espanse lateralmente.
Corniolo	Cornus mas	3-5 m	4-5 m	Fascicolato Denso	Molto sicuro vicino ai muri; crescita molto lenta e legno durissimo.
Fusaggine	Euonymus europaeus	2-4 m	3-4 m	Superficiale	Radici deboli, non creano problemi a tubature o muri.

Tab. 9.1. Analisi della vegetazione di progetto

9.5. RISULTATI

Le scelte attuate risultano non avere un peso significativo nella media stagione, dove la temperatura diminuisce di poco più di un grado, fino a un massimo di due gradi. Tuttavia, la situazione cambia nettamente nei periodi più caldi, infatti nella settimana più calda di luglio si rende una temperatura media che diminuisce di oltre tre gradi nelle zone d'ombra. In questo modo, si sono rese le aree verdi esterne e i percorsi di passaggio più vivibili anche quando la radiazione è maggiormente incidente. In particolare, per quanto riguarda i giorni tipici della stagione estiva si riesce a garantire la condizione di comfort ideale, mantenendo una temperatura equivalente intorno ai 26°C.

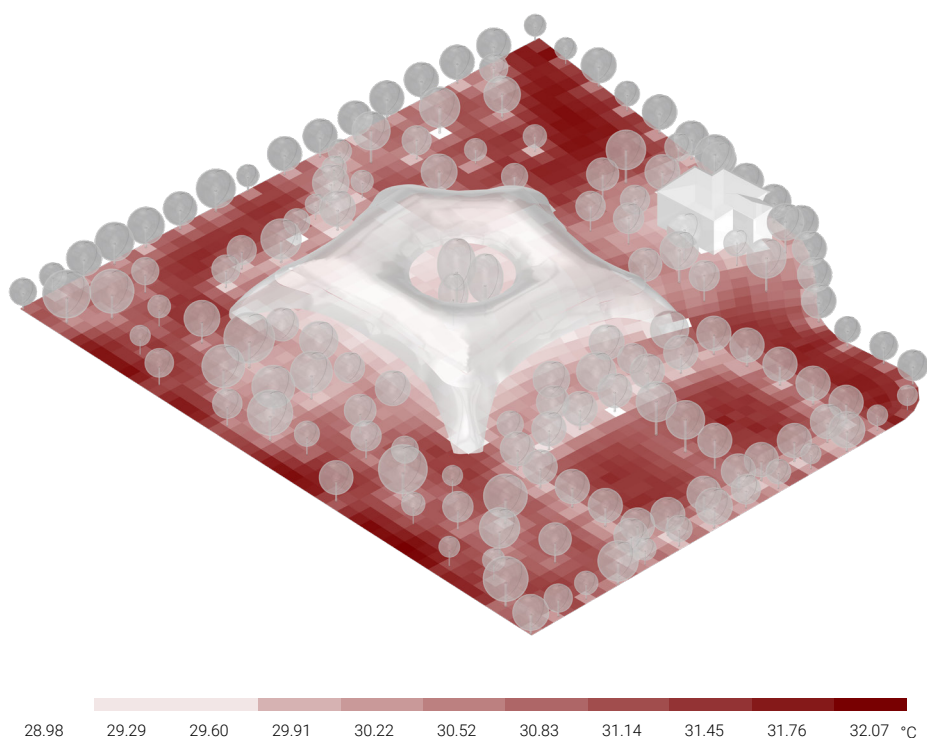
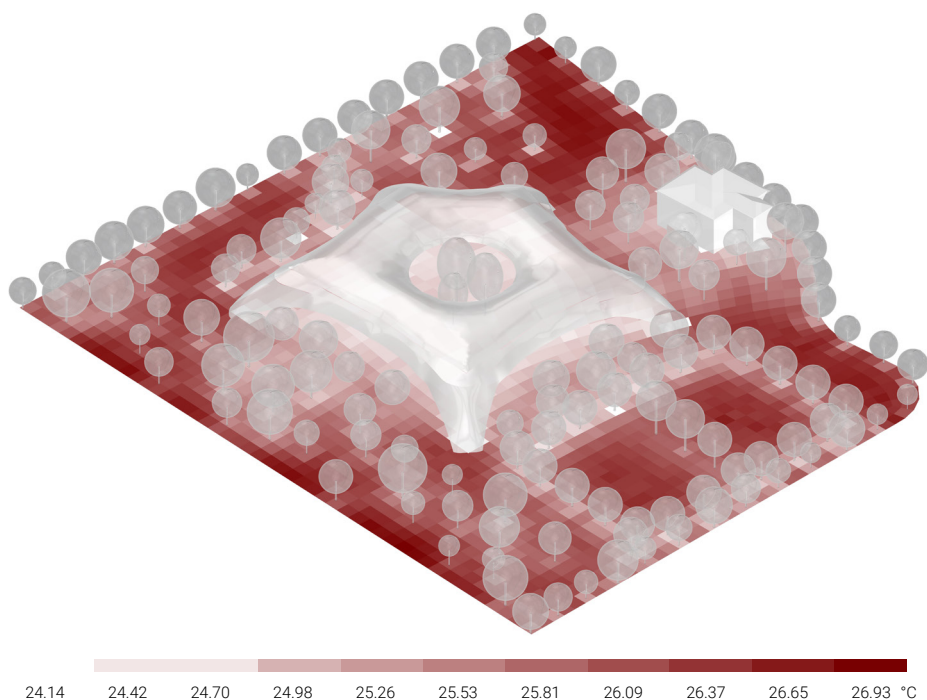


Fig. 9.5. Comfort estivo, periodo rappresentativo 13-19 Luglio

Fig. 9.6. Comfort estivo, periodo più caldo 6-12 Luglio

Nella pagina successiva:

Fig. 9.7. Vista esterna dalla ciclopedonale a ovest





10. PROGETTO IMPIANTISTICO

10.1. STRATEGIE IMPIANTISTICHE

Il benessere psicologico è inscindibile dal comfort fisico: temperatura, qualità dell'aria, illuminazione e rumore ambientale condizionano direttamente le capacità cognitive e lo stato emotivo degli occupanti. Come documentato dalla letteratura sulla psicologia architettonica, una temperatura percepita come inadeguata riduce la concentrazione; mentre una ventilazione insufficiente, aumentando la concentrazione di CO₂ ed i composti organici volatili (VOC), compromette la capacità di prendere decisioni complesse e aumenta il senso di affaticamento mentale.

Durante la scelta delle soluzioni impiantistiche si sono, quindi, ricercate le strategie capaci di massimizzare il benessere percepito dall'utente, oltre che soddisfare i requisiti tecnici.

Le strategie adottate operano su più livelli e variano in funzione della stagione, integrando sistemi attivi e passivi in modo sinergico, affinché ciascuno compensi i limiti dell'altro.

La copertura verde, oltre a rispondere ai principi della biofilia, consente di avere buoni valori di trasmittanza ($U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) e di sfasamento termico (Φ_i : 8h 29', Φ_e : 8h 55') anche a fronte di spessori ridotti. Infatti, la presenza di una massa vegetale consente di ridurre le dispersioni, contribuendo a stabilizzare la temperatura interna.

L'esposizione alla luce naturale è uno dei principali regolatori del ritmo circadiano umano e favorisce la produzione di serotonina, con benefici diretti sull'umore, sulla vigilanza e sulla riduzione della fatica mentale¹⁷⁴.

Le chiusure trasparenti sono dotate di vetri basso-emissivi selettivi, in grado di filtrare le radiazioni solari, limitando gli apporti termici estivi, permettendo di sfruttarli durante il periodo invernale. Per migliorare ulteriormente questo aspetto, le facciate continue rivolte a sud, est ed ovest sono state dotate di un'apposita fascia di frangisole a lamelle fisse inclinate di 30°. Il sistema di gestione della luce è stato completato con l'inserimento di vegetazione caducifoglie nell'intorno dell'edificio: lavorando in parallelo con i sistemi precedenti, la componente vegetale scherma i fronti in estate e permette il passaggio della luce in inverno. Infine, le aperture zenitali portano luce diffusa in profondità e favoriscono la ventilazione naturale nelle stagioni intermedie.

Il comfort termico è un elemento fondamentale di collegamento tra la progettazione biofilica e quella sostenibile, soprattutto di fronte al cambiamento climatico e all'aumento dei costi energetici. Una gestione ottimale della temperatura e del ricambio d'aria migliora significativamente il comfort ambientale. Garantendo un microclima ideale, si riduce la necessità da parte degli utenti di richiedere interventi correttivi sul sistema di climatizzazione, favorendo così un concreto risparmio energetico.

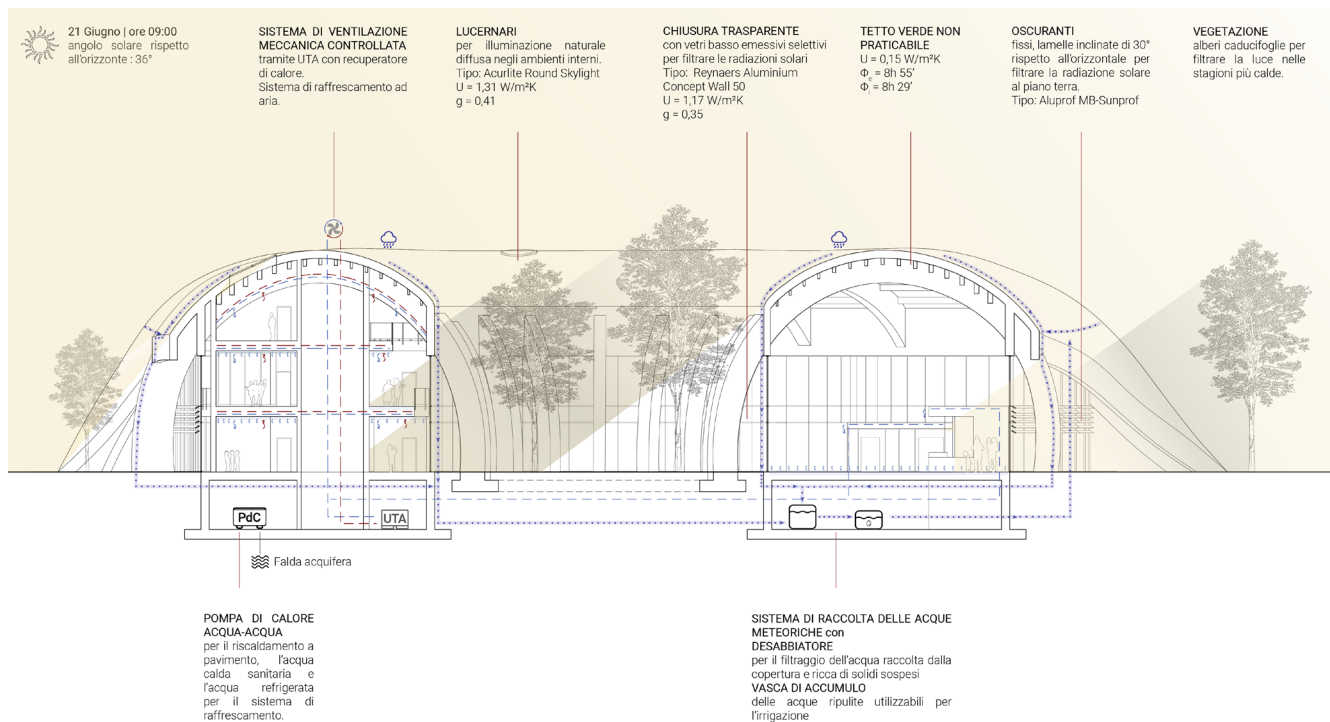
Dal punto di vista tecnico, la gestione di questo aspetto ha richiesto un'attenzione particolare a causa della geometria complessa. Infatti, da quanto emerso nel calcolo dei carichi termici, l'edificio ha una forte richiesta di raffrescamento in estate e la situazione poteva rivelarsi problematica nella porzione ad est a tripla altezza.

DISPERSIONI

CHIUSURE TRASPARENTI

COMFORT TERMICO

¹⁷⁴ Edwards, L., Torcellini, P. (2002)



Per risolvere queste problematiche si è scelto di utilizzare un sistema misto, dove più tecnologie lavorano in parallelo per garantire il miglior comfort termico possibile agli utenti.

RAFFRESCAMENTO

La parte ad est dell'edificio, considerata come un monovolume per la tripla altezza, è servita da un sistema radiante a pavimento, supportato dalla ventilazione. La soluzione consente di non avere una temperatura di esercizio troppo bassa che potrebbe causare discomfort, essendo direttamente a contatto con l'utente, o la formazione di condensa dovuta allo sbalzo termico nei pressi dell'ingresso; allo stesso tempo, la portata di mandata della ventilazione può essere ridotta, evitando il rumore dell'impianto.

La presenza dei ballatoi nella parte ad Ovest ha permesso l'utilizzo di un'unica soluzione attraverso un sistema radiante a soffitto, termicamente più performante e meglio percepito all'utente.

RISCALDAMENTO

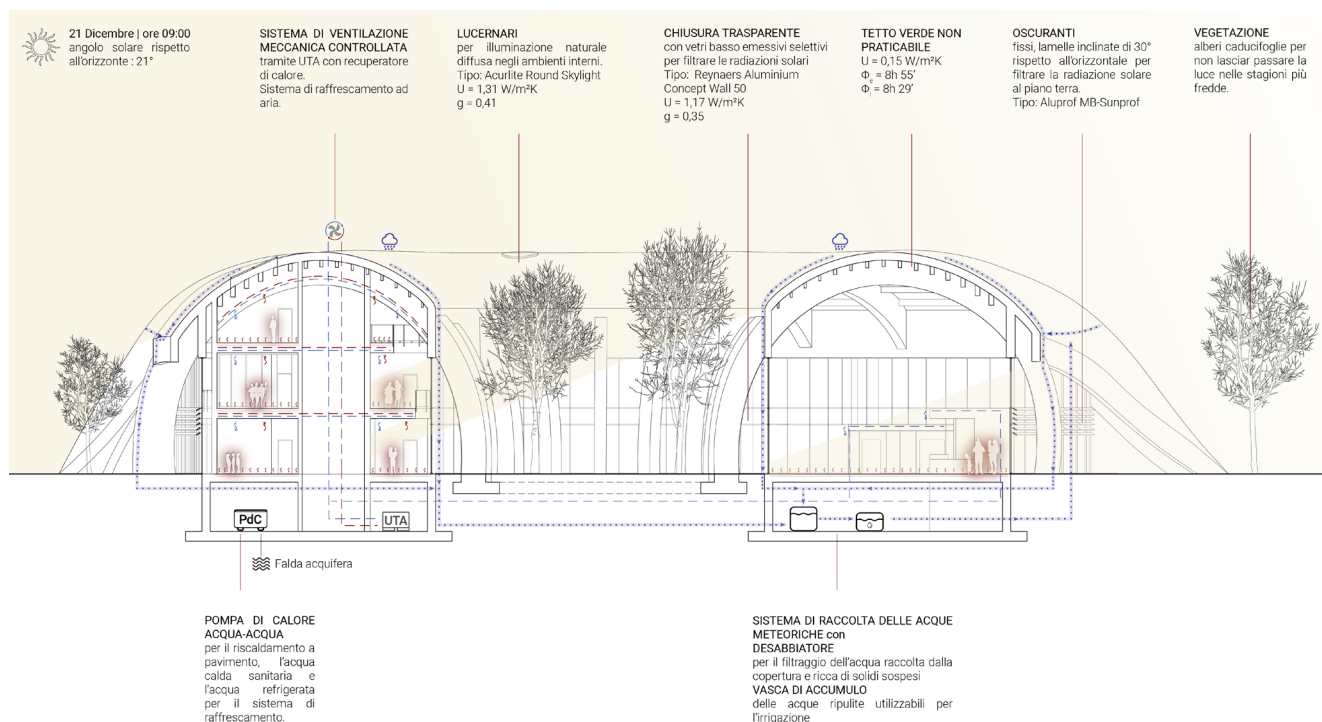
La soluzione ottimale per il riscaldamento nei periodi invernali, basandosi sul comfort percepito, è quella del radiante a pavimento, che garantisce uniformità termica e scalda l'utente a partire dalle parti più periferiche. Il sistema è stato applicato in modo univoco in tutto l'edificio, favorendo il corretto stato di comfort per tutte le funzioni.

Questi sistemi sono alimentati da due pompe di calore con funzionamento acqua-acqua, che attingono dalla falda acquifera sottostante.

ACQUE METEORICHE

Data la sua estensione, la copertura verde intercetta un volume significativo di acque meteoriche; per poterle gestire sono stati previsti dei canali rompitratta lungo la copertura, che convergono in un sistema di gronde e pluviali che confluiscono nella vasca di raccolta posta nel piano interrato. Questo sistema, sdoppiato in due moduli per agevolarne il funzionamento e la manutenzione, è stato dotato di vasche di dissabbiatura e filtrazione che permettono di trattenere i sedimenti rilasciati dal terreno. La pioggia viene raccolta esclusivamente per irrigare nuovamente la copertura verde e parte delle aree verdi circostanti. Grazie a questa soluzione l'edificio non grava sulla rete fognaria comunale, già soggetta a difficoltà di smaltimento a fronte degli eventi meteorologici estremi, raggiungendo una sostanziale autosufficienza idrica per gli usi non potabili.

Fig. 10.1. Estratto dalla tavola
"Schematic Design | Stagione estiva"
- Rif. tav. 76



La ventilazione meccanica controllata è gestita tramite quattro Unità di Trattamento Aria, di cui una a ricircolo parziale, che serve unicamente l'auditorium. Le altre tre si occupano del resto dell'edificio, prendendo aria pulita da sopra la copertura e distribuendola nell'edificio grazie ai controsoffitti, ai perimetri dei ballatoi ed alle apposite pareti impiantistiche (come le partizioni delle bussole, del bancone e dell'auditorium). Per la mandata dell'aria sono stati scelti dei diffusori lineari, in grado di dimezzare il rumore emesso dall'impianto a parità di portata, favorendo il comfort acustico. Questi diffusori, dove possibile, sono stati disposti lungo i perimetri dei ballatoi, così da espellere aria lateralmente, ben al di sopra degli utenti, garantendone il benessere.

All'ultimo livello, i canali principali dell'aerazione sono disposti lungo le travi ad arco, garantendo il ricircolo d'aria non solo al secondo piano ma anche al primo.

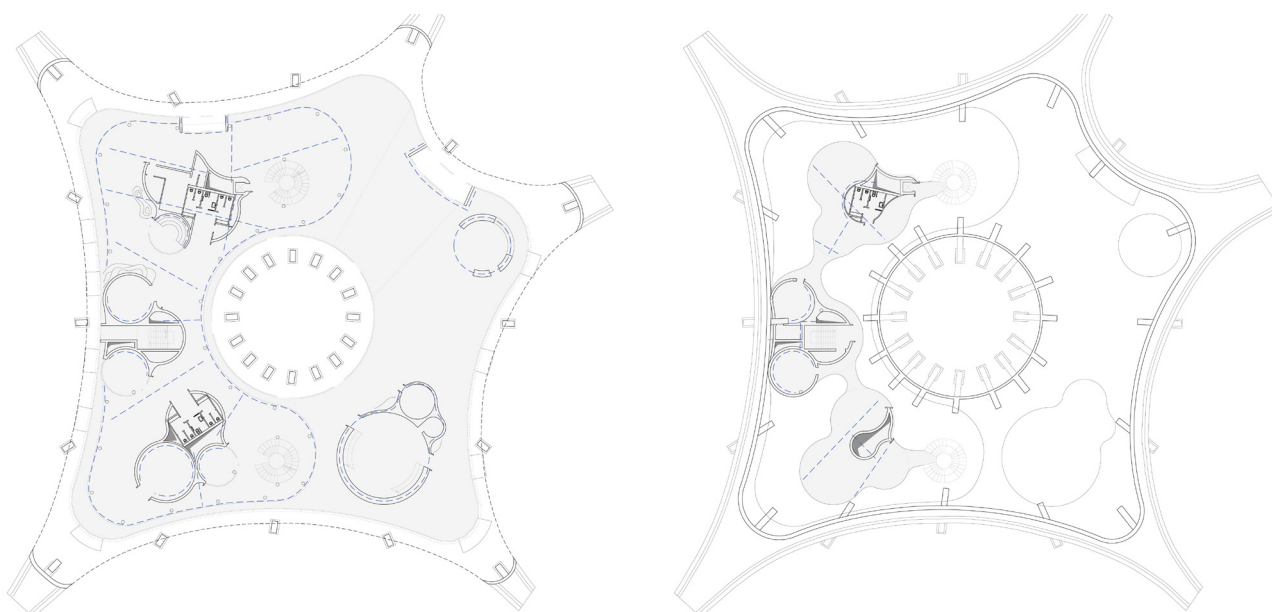
La ripresa dell'aria è prevista solo nella parte ovest, grazie alla configurazione a spazio aperto ed alle altezze interne.

VENTILAZIONE

Fig. 10.2. Estratto dalla tavola "Schematic Design | Stagione invernale" - Rif. tav. 78

Fig. 10.3. Pianta piano terra - Estratto dalla tavola "Sistema di aerazione" - Rif. tav. 80

Fig. 10.4. Pianta piano secondo - Estratto dalla tavola "Sistema di aerazione" - Rif. tav. 80



10.2. CARICHI TERMICI

Le scelte impiantistiche adottate si basano su quanto emerso dall'analisi dei carichi termici estivi ed invernali; questi sono stati calcolati valutando le principali dispersioni invernali e gli apporti di calore in estate.

VALORI DI PROGETTO

Secondo il D.P.R. n.412/93, il progetto si trova in zona climatica E, sono stati quindi considerati i valori di progetto riportati in tabella seguendo la normativa UNI10339.

Dati climatici: Cesano Maderno (zona E)						
Coordinate	Latitudine			Longitudine		
	45°		37'	9°		8'
	Inverno			Estate		
	Interno	Interno NR	Esterno	Interno	Interno NR	Esterno
Temperatura	20,00	10,00	5,00	26,00	16,00	32
U.R.%	50%	0%	48%	50%	0%	50%

I valori di progetto per le stratigrafie e le chiusure vetrate, di cui si riporta una tabella riassuntiva, sono serviti per valutare la dispersione dei pacchetti tecnologici e l'irradianza degli elementi trasparenti.

Trasmittanze				
Elementi		U	g	peso
		[W/m²K]		[kg/m²]
Copertura tetto verde	C.O. 05	0,15	-	157,0
Chiusura verticale opaca Esterna	C.V.03	0,14	-	41,3
Chiusura verticale opaca Interna	C.V.04	0,2	-	40,3
Chiusura verticale trasparente esterna	IN. 01	1,17	0,4	-
Chiusura verticale trasparente interna	IN. 02	2,65	0,7	-
Copertura vetrata lucernario	IN. 03	1,31	0,4	-
Partizione verticale isolata	P.V. 04	0,27	-	403,0
Partizione orizzontale N.R.	P.O. 01	0,19	-	367,0

INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE

I piani sono stati suddivisi in zone omogenee di circa 30 m² ciascuna, in base ad altezza e destinazione d'uso, per poter comprendere al meglio gli apporti di ogni area e la loro gestione. Inoltre, siccome i carichi termici variano sulla base dell'esposizione e dell'irraggiamento, sono state misurate le superfici verticali delle relative chiusure da moltiplicare per la corrispondente temperatura equivalente, diversa in base all'orario e all'orientamento.

10.2.1. CALCOLO DEGLI APPORTI INVERNALI

Il calcolo del fabbisogno invernale è stato svolto basandosi solo sul calore disperso per trasmissione (W_{di}), prendendo in considerazione il caso ambientale più sfavorevole; ossia con una differenza termica di 15°C tra interno ed esterno, e di 10°C tra interno e zone non riscaldate.

$$W_{di} = S \cdot U \cdot \Delta T$$

- S = superficie disperdente [m²]
- U = trasmittanza della superficie [W/m²K]
- ΔT = salto termico dato

Tab. 10.1. Dati climatici Cesano Maderno
Tab. 10.2. Trasmittanze degli elementi di progetto

Carichi termici Totali - Invernali

	Picco orario invernale	Picco orario invernale
	[W]	[W/m²]
PT	38.325	20
P1	15.197	12
P2	1.226	4
Totale	54.748	16

10.2.2. CALCOLO DEGLI APPORTI ESTIVI

Per ogni zona sopracitata sono stati considerati irraggiamento e dispersioni in base ad orientamento ed orario, come indicato nella norma UNI 10349. Si è scelto di considerare tre orari come indicativi della situazione all'interno dell'edificio in base agli orari di utilizzo: le 8.00, le 13.00 e le 18.00.

L'apporto delle superfici opache (W_o) tiene conto di una differenza di temperatura equivalente (ΔT_m), corretta in base ad orientamento e peso della stratigrafia, per la copertura verde si sono considerati i valori correttivi di un tetto irradiato d'acqua, seguendo i valori tabellati in normativa.

$$W_o = S \cdot U \cdot \Delta T_m$$

- S = superficie [m²]
- U = trasmittanza associata da norma [W/m²K]
- ΔT_m = delta T equivalente [K]

Per le superfici vetrate sono stati considerati sia gli apporti legati all'infisso W_t (*Windows trasparence*), che gli apporti per irradianza W_{tr} (*Windows trasparence radiation*), indice del guadagno solare in ingresso tramite la superficie stessa. In particolare, le zone caratterizzate da una vetrata interna, sono soggette ad un'irradianza corretta e filtrata in base al vetro più esterno Ir_{int} .

$$W_t = S \cdot U \cdot \Delta T$$

- S = sommatoria di tutte le superfici vetrate [m²]
- U = trasmittanza associata da norma [W/m²K]
- ΔT = salto termico dato dalla differenza tra la temperatura esterna ed interna [K]

$$W_{tr} = S \cdot g \cdot Ir$$

- S = superficie [m²]
- g = *solar factor* del vetro
- Ir = irradianza solare incidente [W/m²]

$$Ir_{int} = g_{est} \cdot Ir$$

- g_{est} = *solar factor* del vetro più esterno
- Ir = irradianza solare incidente sul vetro più esterno [W/m²]

È stato inoltre considerato il calore sensibile prodotto dalle persone (W_{ps}), basato sull'affollamento (UNI 10339) e sulla tipologia di attività a seconda della zona considerata, come da tabella (estratta dalla normativa, Appendice A).

L'affollamento di ogni zona è stato calcolato in modo differente in base all'attività in essa inserita, a volte considerando la superficie moltiplicata per l'indice di affollamento mentre, in altri casi, considerando il numero di sedute presenti nell'area.

APPORTO DELLE
SUPERFICI OPACHE

APPORTO DELLE
SUPERFICI TRASPARENTI

APPORTO DELLE
PERSONE

Tab. 10.3. Carichi termici totali
- invernali

APPORTI DELL'ILLUMINAZIONE E DELLE APPARECCHIATURE

ATTIVITÀ	Sens. (W)	Lat. (W)
Seduto a riposo	55	35
Seduto, lavoro molto leggero	55	45
Seduto, mangiando	75	95
Seduto, lavoro leggero	75	75
In piedi, lavoro leggero, camminare lento	90	95
Impiegato d'ufficio in attività moderata	55	60
Lavoro leggero al banco	60	130
Lavoro sedentario	60	80
Ballo moderato	120	255

$$W_{ps} = n^{\circ} \cdot W_{pers}$$

- n° = indice di affollamento tabellato da normativa
- W_{pers} = calore sensibile tabellato per attività

A questi si aggiungono gli apporti legati ad illuminazione (W_{ill}) ed apparecchiature (W_{app}), ipotizzando un consumo medio rispettivamente di 5 W/m² e 7 W/m².

$$W_{ill} = S \cdot W/m^2$$

- S = superficie [m²]
- W/m^2 = consumo al metro quadro degli apparecchi illuminanti

$$W_{app} = S \cdot W/m^2$$

- S = superficie [m²]
- W/m^2 = consumo al metro quadro delle apparecchiature

La somma di tutti questi contributi permette di calcolare gli apporti di calore massimi estivi e valutare i picchi per ogni orario, in modo da poter dimensionare correttamente l'impianto di aerazione e raffrescamento.

Carichi termici Totali - Estivi						
	Picco orario estivo			Picco orario estivo		
	[W]			[W/m ²]		
	8:00	13:00	18:00	8:00	13:00	18:00
PT	207.679	174.347	141.146	109	92	74
P1	66.856	79.961	68.471	51	61	53
P2	9.423	12.008	8.515	30	38	27
Totale	283.958	266.316	218.132	80,67	76	62

10.2.3. CONCLUSIONI E SCELTA DEGLI IMPIANTI

Una volta calcolati complessivamente gli apporti estivi da un lato e le dispersioni invernali dall'altro, si è notato come la necessità di raffrescamento estiva sia di molto superiore all'esigenza di riscaldamento invernale.

Alla luce dei risultati sono state scelte le soluzioni descritte precedentemente, facendo maggiore attenzione nella gestione della condizione estiva.

Tab. 10.4. Calore sensibile e latente
in base all'attività - Estratto da:
Appendice A, UNI 10339
Tab. 10.5. Carichi termici totali estivi

10.3. GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La copertura verde è stata approfondita su più livelli, uno di questi riguarda l'aspetto impiantistico. In particolare, la gestione del volume d'acqua intercettato e dell'invarianza idraulica (normata dal R.R. 7/2007), in modo da minimizzare l'impatto sulla rete fognaria comunale, già soggetta a difficoltà di smaltimento in caso di eventi meteorologici estremi.

Il dimensionamento del sistema di raccolta, filtraggio e riuso è stato realizzato in conformità alle linee guida nazionali riportate nella norma UNI 11445:2012 – Impianti di raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi non potabili.

10.3.1. AREE E CALCOLO DELLE PORTATE

La superficie di copertura, pari a 3.518 m², è stata suddivisa in 34 aree sulla base delle pendenze e dei possibili punti di raccolta.

Per ciascuna area è stata calcolata la portata meteorica di picco (Q) mediante la formula razionale:

$$Q = r \cdot A \cdot C$$

- r = intensità di pioggia [l/s·m²]
- A = area effettiva della copertura in [m²], con $A = L_r \cdot B_r$
- L_r = lunghezza della copertura da drenare [m]
- B_r = larghezza della copertura dal canale di gronda al colmo [m]
- C = coefficiente di scorrimento (posto pari a 1 per superfici impermeabili)

L'intensità di pioggia è stata calcolata considerando, sulla base delle analisi climatiche svolte, una portata di picco pari a 150 mm/h, ossia $r=0,044$ l/s · m².

Per una scelta progettuale, le aree dalla 1 alla 10 (corrispondenti alle porzioni terminali dei bracci che raggiungono il terreno) scaricano direttamente nel suolo o sulla pavimentazione esterna drenante, scelta appositamente sulla base della prestazione di permeabilità. L'acqua intercettata dalle aree dalla 11 alla 26 viene raccolta da gronde che convergono in pluviali posti lungo gli archi esterni, mentre quella relativa alle aree dalla 27 alla 34 converge in pluviali situati in corrispondenza dei montanti della facciata continua interna al giardino.

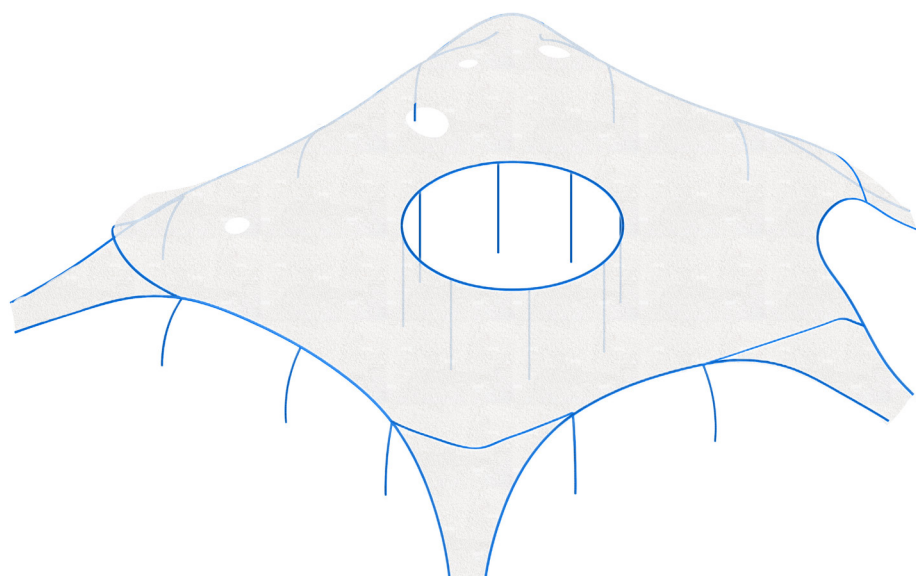
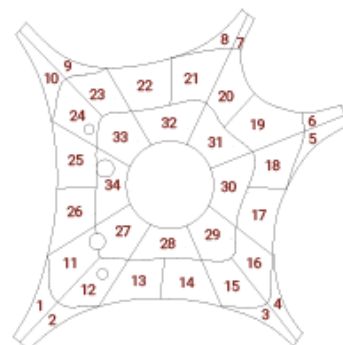
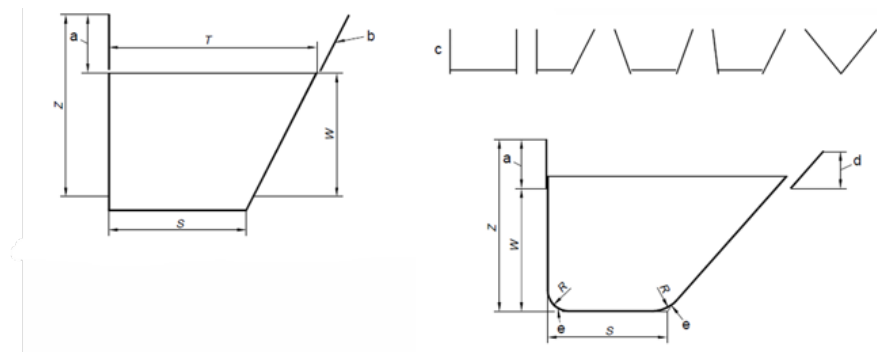


Fig. 10.5. Suddivisione delle aree di raccolta - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acqua" - Rif. tav. 79
Fig. 10.6. Sistema di gronde e pluviali - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acqua" - Rif. tav. 79

10.3.2. DIMENSIONAMENTO DELLE GRONDE

Le gronde sono state dimensionate in conformità alla norma UNI EN 12056-3:2001 - *Sistemi di scarico a gravità all'interno degli edifici. Tetti, canali di gronda e pluviali*.

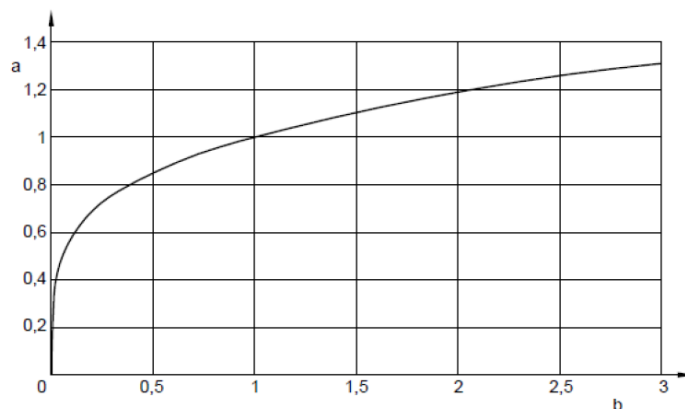
- a. Bordo libero
- b. I prolungamenti laterali di canali di gronda per compluvi e parapetti non fanno parte del canale di gronda ai fini delle figure 5, 6, 7 e 10 (vedere 5.2.2)
- c. Applicabile a:
- d. Livello di tracimazione
- e. Gli spigoli arrotondati devono essere tenuti in debito conto durante il calcolo della sezione trasversale, ma ai fini delle figure 6 e 10, S può essere misurato fino al punto indicato a condizione che R non sia maggiore di W/4
- S Larghezza in corrispondenza del fondo
- T Larghezza in corrispondenza della linea d'acqua di progetto
- W Altezza al di sotto della linea d'acqua di progetto



La verifica è stata condotta considerando la portata nominale della gronda Q_N , corretta tramite il coefficiente di riduzione c per tener conto delle condizioni di posa e dell'angolo di inclinazione:

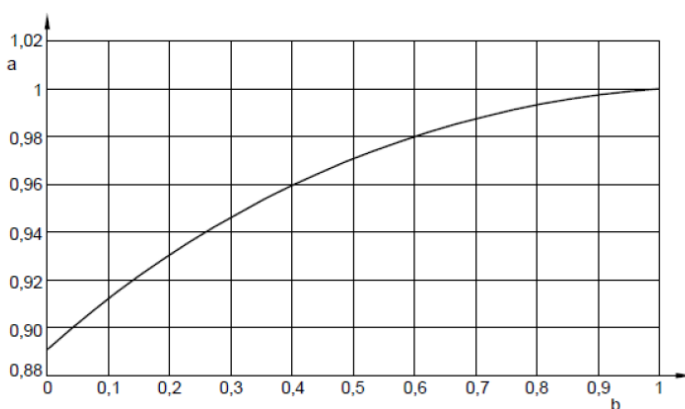
$$Q_N = Q_{SV} \cdot F_d \cdot F_s$$

- Q_{SV} = portata della gronda di progetto [l/s]
- F_d = coefficiente di altezza



- a Coefficiente di altezza F_d
- b W/T

- F_s = fattore di forma



- a Coefficiente di forma F_s
- b S/T

Fig. 10.7. Parametri di riferimento in base alla geometria della gronda

Fig. 10.8. Grafico per la determinazione del Coefficiente di altezza F_d

Fig. 10.9. Grafico per la determinazione del Coefficiente di forma F_s

Tab. 10.6. Tabella di dimensionamento dei canali di gronda

Dimensionamento gronde						
A_E	F_d	F_s	Q_{SV}	Q_N	c	$Q_N \cdot c$
[mm ²]	-	-	[l/s]	[l/s]	-	[l/s]
22000	1,1	1	10,42	11,46	0,9	10,32

Per garantire il corretto funzionamento del sistema occorre verificare che la portata meteorica di picco sia inferiore alla portata nominale del canale di gronda, moltiplicata per un fattore correttivo di 0,9.

10.3.3. DIMENSIONAMENTO DEI PLUVIALI

I pluviali sono stati dimensionati verificando che la portata raccolta da ciascuna area non superi la capacità idraulica del pluviale stesso (Q_p), calcolata con riempimento parziale di 0,33. Per un diametro interno di 100 mm, la capacità idraulica risulta pari a 10,7 l/s, sufficiente per le portate di progetto di tutte le aree collegate.

10.3.4. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI DISSABBIATURA

La presenza del terreno in copertura ha reso necessario l'inserimento di vasche di dissabbiatura, che hanno la funzione di far sedimentare i fanghi ed i materiali in sospensione presenti nell'acqua di dilavamento, prima di poter confluire nelle vasche di raccolta. Il dimensionamento è stato condotto in conformità alla norma UNI EN 858-2, che definisce le dimensioni nominali (NS) dei separatori in funzione della portata trattata e del volume di fango atteso.

Per una gestione più agevole, si è scelto di suddividere il sistema in due moduli paralleli, su cui è stata ripartita equamente la portata totale. ($Q_v=79$ l/s).

La norma UNI EN 858-2 non prescrive un tempo di sedimentazione minimo per il dissabbiatore, operando esclusivamente con il metodo NS. Tuttavia, si è scelto di imporre un tempo di ritenzione minimo di 4 minuti, per il corretto funzionamento del sistema di filtraggio.

$$V_{\min} = NS \cdot \theta$$

- NS = dimensione nominale, corrispondente alla portata massima trattabile [l/s]
- θ = tempo di sedimentazione [s]

Si è poi ricalcolato un volume nominale equivalente, tenendo conto del volume minimo in funzione del tempo di sedimentazione.

$$NS' = V_{\min} \cdot c$$

- $V_{\min}$ = volume minimo della singola vasca [m³]
- c = coefficiente moltiplicativo legato alla quantità di fango attesa

	Quantità di fango prevista	Volume minimo del sedimentatore
Nessuna	• Condensato	Non richiesto
Ridotta	• Acque reflue di trattamento con volume di fango definito • Tutte le aree di raccolta dell'acqua piovana in cui sono presenti piccole quantità di limo prodotto dal traffico o similari, vale a dire bacini di raccolta in aree di stoccaggio carburante e stazioni di rifornimento coperte	a) $(100 \cdot NS)/f_d$
Media	• Stazioni di rifornimento, autolavaggi manuali, lavaggio di componenti • Aree di lavaggio bus • Acque reflue da garage, aree di parcheggi veicoli • Centrali elettriche, impianti e macchinari	b) $(200 \cdot NS)/f_d$
Elevata	• Impianti di lavaggio per veicoli da cantiere, macchine da cantiere, macchine agricole • Aree di lavaggio autocarri • Autolavaggi automatici, vale a dire self-service	b) $(300 \cdot NS)/f_d$ c) $(300 \cdot NS)/f_d$

a) Non per separatori uguali o minori di NS 10, salvo per autoparcheggi coperti.

b) Volume minimo dei sedimentatori 600 l.

c) Volume minimo dei sedimentatori 5 000 l.

Tab. 10.7. Quantità di fango prevista
- Norma UNI 858-2 - 2004

Applicando infine le indicazioni normative con questi valori equivalenti si ottiene il volume effettivo necessario di 19 m³.

Al fine di definire una vasca di dimensioni effettive e la sua collocazione all'interno dell'edificio si è scelto di far riferimento ad uno specifico produttore: AZU Water¹⁷⁵. Dal catalogo è stata identificata la vasca SAND S 100/200, che risponde in modo ottimale alle esigenze del progetto, con un'altezza utile di 2,5 m ed una superficie in pianta di 7,5 m².

Dimensionamento vasche di dissabbiatura

A	r	Q _{tot}	c	θ	NS	V _{min}	NS'	V _{vasca}	h	S
[m ²]	[l/s*m ²]	[l/s]	-	s	[l/s]	[m ³]	[l/s]	[m ³]	[m]	[m ²]
3517,64	0,04	156,34	200	240	79	18,96	94,8	18,96	2,5	7,58

10.3.5. DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE DI RACCOLTA

Le vasche di raccolta sono state dimensionate sulla base del fabbisogno idrico necessario all'irrigazione della copertura verde, secondo la norma UNI 11445:2012.

Il volume di acqua necessario è stato calcolato considerando:

$$V_{\text{racc}} = A \cdot ET_c \cdot t$$

- A = superficie da irrigare
- ET_c = fabbisogno idrico netto (ET₀ · K_c)
- t = periodo di autonomia

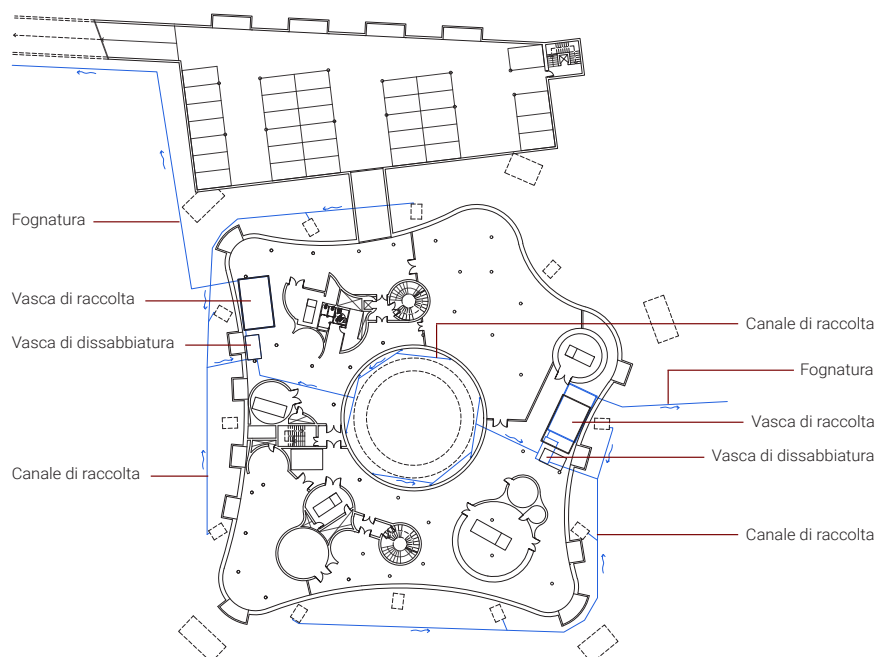
Il volume di accumulo per ciascun modulo risulta essere di 52,8 m³ che, con un'altezza utile di 2,7 m richiede una superficie in pianta di 19,5 m².

Dimensionamento vasche di raccolta

A	ET ₀	Kc	t	ET _c	V _{racc}	h	A
[m ²]	[mm/g]	-	g	[l/m ²]	[m ³]	[m]	[m ²]
3517,64	5	0,6	10	3	52,76	2,7	19,54

Le vasche di accumulo sono entrambe collegate alla rete fognaria comunale, in modo tale che, una volta raggiunta la capienza di accumulo, l'acqua possa defluire liberamente nel sistema comunale garantendo l'invarianza idraulica.

175 <https://www.azuwater.it/dissabbiatore-sand-s/trattamento-acque-dilavamento/dissabbiatore>



Tab. 10.8. Dimensionamento delle vasche di dissabbiatura

Tab. 10.9. Dimensionamento delle vasche di raccolta

Fig. 10.10. Pianta piano interrato - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acque" - Rif. tav. 79

N. Area	r	Lr	Br	A	C	c	Q	$Q \leq Q_N * c$	$Q \leq Q_e$	$Q \leq Q_i$
	[l/s*m²]	[m]	[m]	[m²]	-	-	[l/s]	-	-	-
1	0,04	11,96	2,89	34,56	1,00	1,00	1,54	VERIFICATO	-	-
2	0,04	11,96	2,89	34,56	1,00	1,00	1,54	VERIFICATO	-	-
3	0,04	12,49	2,05	25,54	1,00	1,00	1,14	VERIFICATO	-	-
4	0,04	12,49	2,05	25,54	1,00	1,00	1,14	VERIFICATO	-	-
5	0,04	11,16	2,93	32,64	1,00	1,00	1,45	VERIFICATO	-	-
6	0,04	11,16	2,93	32,64	1,00	1,00	1,45	VERIFICATO	-	-
7	0,04	10,07	2,11	21,20	1,00	1,00	0,94	VERIFICATO	-	-
8	0,04	10,07	2,11	21,20	1,00	1,00	0,94	VERIFICATO	-	-
9	0,04	13,88	2,33	32,27	1,00	1,00	1,43	VERIFICATO	-	-
10	0,04	13,88	2,33	32,27	1,00	1,00	1,43	VERIFICATO	-	-
11	0,04	14,49	12,10	175,33	1,00	1,00	7,79	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
12	0,04	14,49	8,37	121,28	1,00	1,00	5,39	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
13	0,04	13,91	14,07	195,71	1,00	1,50	8,70	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
14	0,04	14,38	14,07	202,33	1,00	1,50	8,99	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
15	0,04	14,38	7,55	108,57	1,00	1,00	4,83	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
16	0,04	12,89	12,64	162,93	1,00	1,00	7,24	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
17	0,04	11,95	15,68	187,38	1,00	1,50	8,33	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
18	0,04	12,36	10,46	129,29	1,00	1,00	5,75	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
19	0,04	12,36	6,16	76,14	1,00	1,50	3,38	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
20	0,04	13,81	4,37	60,35	1,00	1,50	2,68	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
21	0,04	13,81	13,29	183,53	1,00	1,50	8,16	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
22	0,04	12,27	14,89	182,70	1,00	1,50	8,12	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
23	0,04	12,27	10,38	127,36	1,00	1,00	5,66	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
24	0,04	13,26	11,27	149,44	1,00	1,00	6,64	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
25	0,04	13,27	15,27	202,63	1,00	1,50	9,01	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
26	0,04	14,14	15,27	215,92	1,00	1,50	9,60	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
27	0,04	13,12	7,19	94,33	1,00	2,00	4,19	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
28	0,04	9,67	9,20	88,96	1,00	2,00	3,95	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
29	0,04	12,04	7,24	87,17	1,00	2,00	3,87	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
30	0,04	10,45	9,49	99,17	1,00	2,00	4,41	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
31	0,04	10,69	8,49	90,76	1,00	2,00	4,03	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
32	0,04	10,69	8,87	94,82	1,00	2,00	4,21	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
33	0,04	12,87	7,54	97,04	1,00	2,00	4,31	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
34	0,04	9,52	9,67	92,06	1,00	2,00	4,09	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

Fig. 10.11. Verifica delle dimensioni di gronda e pluviali

10.4. IMPIANTO ANTINCENDIO

10.4.1. QUADRO NORMATIVO

Per la progettazione dell'impianto antincendio, si è fatto riferimento al Testo coordinato dell'allegato I del Decreto Ministeriale del 3 agosto 2015: Codice di Prevenzioni Incendi (edizione in vigore dal 1° gennaio 2023).

Per la progettazione del sistema sprinkler, la normativa di riferimento è la UNI EN 12845; per la progettazione degli idranti sono state utilizzate le prescrizioni della norma UNI10779.

10.4.2. OBIETTIVI DELLA PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Progettare la sicurezza antincendio di un'attività significa individuare le soluzioni tecniche e gestionali finalizzate al raggiungimento degli obiettivi primari della prevenzione incendi, che sono:

- sicurezza della vita umana,
- incolumità delle persone,
- tutela dei beni e dell'ambiente.

Gli obiettivi primari della prevenzione incendi si intendono raggiunti se le attività sono progettate, realizzate e gestite in modo da:

- minimizzare le cause d'incendio o d'esplosione;
- garantire la stabilità delle strutture portanti per un periodo di tempo determinato;
- limitare la produzione e la propagazione di un incendio all'interno dell'attività;
- limitare la propagazione di un incendio ad attività contigue;
- limitare gli effetti di un'esplosione;
- garantire la possibilità che gli occupanti lascino l'attività autonomamente o che gli stessi siano soccorsi in altro modo;
- garantire la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;
- tutelare gli edifici pregevoli per arte o storia;
- garantire la continuità d'esercizio per le opere strategiche;
- prevenire il danno ambientale e limitare la compromissione dell'ambiente in caso d'incendio.¹⁷⁶

Trattandosi di un edificio con varie destinazioni d'uso, è necessario trattare la progettazione dell'impianto antincendio in modo differente in base alla funzione; in particolare, l'auditorium ed il piano interrato seguiranno indicazioni proprie rispetto alle altre zone.

10.4.3. DEFINIZIONE DEI PROFILI DI RISCHIO

Per la determinazione dei profili di rischio, che servono a descrivere sinteticamente la tipologia di incendio dell'attività, si fa riferimento al capitolo G.3 "Determinazione dei profili di rischio delle attività" delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi.

PROFILO DI RISCHIO R_{vita}

Il profilo di rischio R_{vita} è relativo alla salvaguardia della vita umana e prende in considerazione le caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ} e la velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio δ_a .

Nel centro culturale si suppone che gli occupanti siano sempre in stato di veglia e che non abbiano familiarità con l'edificio ($\delta_{occ} = B$), con una velocità caratteristica prevalente di crescita di incendio pari a $t_a = 300$ s ($\delta_a = 2$) o $t_a =$

¹⁷⁶ D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. G.2.5

150 s ($\delta_a = 3$).

Nelle aree adibite a deposito, si considerano gli occupanti in stato di veglia e con familiarità con l'edificio ($\delta_{occ} = A$), con una velocità caratteristica prevalente di crescita di incendio pari a $t_a = 300$ s ($\delta_a = 2$) o $t_a = 150$ s ($\delta_a = 3$).

L' R_{vita} della biblioteca risulta quindi essere B2-B3, mentre nella zona contenente gli archivi risulta essere A2-A3.

Tipologie di destinazione d'uso	R_{vita}
Palestra scolastica	A1
Autorimessa privata	A2
Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, centro sportivo privato	A2-A3
Attività commerciale non aperta al pubblico (es. all'ingresso, ...)	A2-A4
Laboratorio scolastico, sala server	A3
Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica	A1-A4
Depositi sostanze o miscele pericolose	A4
Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico	B1-B2
Autorimessa pubblica	B2
Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo pubblico, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattamento, area lettura di biblioteca, attività espositiva, autosalone	B2-B3
Attività commerciale aperta al pubblico (es. al dettaglio, ...)	B2-B4 [1]
Civile abitazione	Ci2-Ci3
Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti	Cii2-Cii3
Camera d'albergo	Ciii2-Ciii3
Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operativa, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria	D2
Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana	E2

Il profilo di rischio R_{beni} è relativo alla salvaguardia dei beni economici ed è attribuito in funzione del carattere strategico dell'attività, dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico ed i beni in essa contenuti.

Analizzando questi aspetti, è stato attribuito all'intero centro culturale un R_{beni} pari a 1.

		Attività o ambito vincolato	
		No	Si
Attività o ambito strategico	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Si	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$

Il profilo di rischio $R_{ambiente}$ è relativo alla tutela dell'ambiente; esso deve tener conto dell'ubicazione dell'attività, della tipologia e dei quantitativi di materiali combustibili presenti e dei prodotti della combustione da questi sviluppati in caso di incendio.

Se non viene diversamente indicato, il profilo di rischio $R_{ambiente}$ è da ritenere non significativo nelle attività civili.

PROFILO DI RISCHIO R_{BENI}

PROFILO DI RISCHIO $R_{AMBIENTE}$

Tab. 10.10. Determinazione profili R_{vita} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. G.3-3.
Tab. 10.11. Determinazione profili R_{beni} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. G.3-5.

10.4.4. REAZIONE AL FUOCO

La reazione al fuoco è “una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase iniziale dell’incendio, con l’obiettivo di limitare l’innesco dei materiali e la propagazione dell’incendio”¹⁷⁷.

Considerando un generico R_{vita} B2-B3, si considera un livello di prestazione III, per cui i materiali contribuiscono in modo moderato all’incendio.

Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Livelli di prestazione	Criteri di attribuzione	
I	Il contributo all’incendio dei materiali non è valutato	Vie di esodo non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
II	I materiali contribuiscono in modo significativo all’incendio	Vie di esodo dei compartimenti con profili di rischio R_{vita} in B1
III	I materiali contribuiscono in modo moderato all’incendio	Vie di esodo dei compartimenti con profili di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3
IV	I materiali contribuiscono in modo quasi trascurabile all’incendio	Vie di esodo dei compartimenti con profili di rischio R_{vita} in D1, D2

Per il livello di prestazione III si considera l’impiego di materiali compresi nel gruppo GM2, di seguito riportati.

Descrizione materiale	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Rivestimenti a soffitto	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s2,d0
Controsoffitti, materiali di copertura, pannelli di copertura, lastre di copertura						
Pavimentazioni sopraelevate						
Rivestimenti a parete	1	B-s1,d0				
Partizioni interne, pareti, pareti sospese						
Rivestimenti a pavimento	1	B_{fi} -s1	1	C_{fi} -s1	2	C_{fi} -s2
Pavimentazioni sopraelevate						
Isolanti protetti	2	C-s2,d0	3	D-s2,d2	4	E
Isolanti lineari protetti		C_L -s2,d0		D_L -s2,d2		E_L
Isolanti in vista	0,0 - 1	A2-s1,d0	1,0 - 1	B-s2,d0	1,1 - 1	B-s3,d0
Isolanti lineari in vista		A_{2L} -s1,d0		B_L -s3,d0		B_L -s3,d0

Tab. 10.12. Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione delle vie d’esodo dell’attività - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.1-1/S. 1-2

Tab. 10.13. Classificazione in gruppi di materiali - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.1-6/S. 1-7

177 D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. S.1.1

10.4.5. RESISTENZA AL FUOCO

La resistenza al fuoco è la capacità della struttura di non collassare per un periodo di tempo sufficiente al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi¹⁷⁸.

Il livello di prestazione identificato per questa struttura è il III: la struttura deve mantenere i requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.

La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata in relazione al carico di incendio specifico di progetto.

Il carico di incendio specifico di progetto si calcola usando la seguente formula:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Dove:

- $q_{f,d}$ = carico di incendio specifico di progetto [MJ/m²]
- δ_{q1} = fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento
- δ_{q2} = fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento

178 D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. S.2.1

Superficie lorda del compartimento	δ_{q1}	Superficie lorda del compartimento	δ_{q1}
A < 500	1	2500 ≤ A < 5000	1,6
500 ≤ A < 1000	1,2	5000 ≤ A < 10000	1,8
1000 ≤ A < 2500	1,4	A ≥ 10000	2

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio di livello di prestazione III	Rete di idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,9
	Rete di idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,8
Controllo dell'incendio di livello di prestazione IV	Sistema automatico ad acqua o schiuma e rete di idranti con protezione interna	δ_n	0,54
	Altro sistema automatico e rete di idranti con protezione interna	δ_n	0,72
	Sistema automatico ad acqua o schiuma e rete di idranti con protezione interna ed esterna	δ_n	0,48
	Altro sistema automatico e rete di idranti con protezione interna ed esterna	δ_n	0,64
Gestione della sicurezza antincendio di livello di prestazione II		δ_n	0,9
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III		δ_n	0,9
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione II		δ_n	0,85
Operatività antincendio di livello di prestazione IV		δ_n	0,81

ATTRIBUZIONE DEL LIVELLO DI PRESTAZIONE

CARICO DI INCENDIO SPECIFICO DI PROGETTO

Tab. 10.14. Parametri per la definizione di δ_{q1} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-6

Tab. 10.15. Parametri per la definizione di δ_{ni} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-8

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,8
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,2

Attività	Valore medio [MJ/m²]	Frattile 80% [MJ/m²]
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365
Trasporti (spazio pubblico)	100	122

- δ_n = fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento
- q_f = valore nominale del carico d'incendio specifico

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{f,d} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{f,d} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{f,d} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{f,d} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{f,d} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{f,d} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

Tab. 10.16. Parametri per la definizione di δ_{q2} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-7

Tab. 10.17. Densità di carico di incendio da UNI EN 1991-1-2 - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-10

Tab. 10.18. Classe minima di resistenza al fuoco

Tab. 10.19. Carico di incendio per funzione

	Superficie lorda pavimentata [m²]	δ_{q1}	δ_{q2}	δ_{ni}	q_f	Carico di incendio [MJ/m²]	Resistenza al fuoco
Biblioteca	3246	1,6	1,2	0,54	1500	1555,2	REI 120
Auditorium	142	1	1,2	0,54	300	194,4	Nessun requisito

Per la definizione dei valori si è fatto riferimento alle tabelle del capitolo S.2.9 del D.M.

In base al carico di incendio specifico di progetto, è definita la classe minima di resistenza al fuoco delle costruzioni.

10.4.6. VIE DI ESODO

La progettazione delle vie di esodo ha seguito le indicazioni del capitolo S.4 del Codice di Prevenzione Incendi. La finalità del sistema d'esodo è di "assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere un luogo sicuro o permanere al sicuro, autonomamente o con assistenza, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano"¹⁷⁹.

L'edificio presenta una pianta libera, con quasi la totale assenza di partizioni, ad esclusione dei blocchi contenenti funzioni più racchiuse. La disposizione degli arredi fissi è quindi pensata in modo da garantire la massima sicurezza in fase di evacuazione.

È presente una scala d'esodo interna che conduce direttamente all'esterno dell'edificio, che serve l'interrato, il primo ed il secondo piano, a prova di fumo e con uno spazio calmo. Sono inoltre presenti due scale che costituiscono delle vie di esodo senza protezione.

Per determinare le caratteristiche delle vie di esodo, è necessario calcolare l'affollamento massimo dell'edificio.

AFFOLLAMENTO

Tipologia di attività	Densità di affollamento
Ambiti all'aperto destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento, delimitati e privi di posti a sedere	2,0 persone/m ²
Locali al chiuso di spettacolo o intrattenimento privi di posti a sedere e di arredi, con carico di incendio specifico $q_f \leq 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti per mostre, esposizioni	1,2 persone/m ²
Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_f > 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m ²
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di medie e grandi attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	0,1 persone/m ²
Ambulatori	
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m ²

Tab. 10.20. Densità di affollamento per tipologia di attività - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.4-12

Tab. 10.21. Affollamento per piano

¹⁷⁹ D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. S.4

Piano	Indice di affollamento	Superficie Lorda Pavimentata	Affollamento
	[persone/m ²]	[m ²]	[persone]
Piano interrato	-	2284	10
Piano terra	0,2	2284	457
Piano primo	0,2	977	195
Piano secondo	0,2	128	26
Auditorium	-	142	89

Per il piano interrato, non essendo indicato un valore di affollamento per locali tecnici e archivi è stato determinato l'affollamento in base alle persone effettivamente prevedibili, considerando la presenza di persone esclusivamente per la manutenzione degli impianti e per il prelievo di libri dall'archivio.

CARATTERISTICHE DELLE VIE DI ESODO

A partire dall'affollamento dei vari piani e dagli R_{vita} , sono state definite la lunghezza massima dei corridoi ciechi, la massima lunghezza delle vie di esodo, la larghezza minima delle vie di esodo orizzontali e di quelle verticali. Le larghezze minime sono state calcolate attraverso le formule S.4-1 e S.4-2, che tengono conto del numero di occupanti che impiegano la via di esodo e delle larghezze unitarie che sono determinate dalle tabelle S.4-27 e S.4-29 del Codice Prevenzioni Incendi.

	Piano interrato	Piano terra	Piano primo	Piano secondo
	$R_{vita} = A2-A3$	$R_{vita} = B2-B3$	$R_{vita} = B2-B3$	$R_{vita} = B2-B3$
Massima lunghezza corridoi ciechi	30 m	20 m	20 m	20 m
Massima lunghezza delle vie di esodo	60 m	50 m	50 m	50 m
Minima larghezza delle vie di esodo orizzontali	0,1 m	2,2 m	0,8 m	0,1 m
Minima larghezza delle vie di esodo verticali	0,1 m	-	0,3 m	0,05 m

I valori calcolati per il primo e il secondo piano non rispettano le altre condizioni indicate dalla normativa, la quale impone che per ambiti con un numero di occupanti inferiore a 300, è previsto che la larghezza minima delle vie di esodo sia di 900 mm. Per il piano interrato, con locali impianti e il deposito libri, la larghezza minima delle vie di esodo prevista è di 600 mm.

AUDITORIUM

La distribuzione dei posti a sedere dell'auditorium ha seguito le indicazioni del capitolo S.4.5.11 del Codice Prevenzione Incendi, in cui viene indicato che i sedili devono essere raggruppati in settori separati attraverso dei passaggi longitudinali e trasversali, con larghezza maggiore di 1200 mm.

Il numero massimo di sedili per fila viene determinato in base alla larghezza del passaggio tra le file di sedili.

Tab. 10.22. Caratteristiche delle vie di esodo in base ai profili di rischio

Tab. 10.23. Numero massimo di sedili fissi per fila per settore - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.4-9

Larghezza passaggio tra file di sedili [mm]	Massimo numero di sedili per fila	
	Passaggio tra file monodirezionale	Passaggio tra file bidirezionale
$L < 300$	1	2
$300 \leq L < 325$	7	14
$325 \leq L < 350$	8	16
$350 \leq L < 375$	9	18
$375 \leq L < 400$	10	20
$400 \leq L < 425$	11	22
$425 \leq L < 450$	12	24
$450 \leq L < 475$		26
$475 \leq L < 500$		28
$L \geq 500$		Limitato dalla lunghezza d'esodo

10.4.7. CONTROLLO DELL'INCENDIO

Le soluzioni progettuali adottate per il controllo dell'incendio hanno seguito le indicazioni del capitolo S.6 delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi.

La biblioteca risulta avere un carico di incendio specifico di progetto di oltre 1500 MJ/m^2 , perciò rientra nel livello di prestazione III, per il quale le soluzioni progettuali previste sono l'installazione di estintori d'incendio a protezione dell'intera attività e l'installazione di una rete idranti a protezione dell'intera attività o di singoli compartimenti, in base alla valutazione del rischio¹⁸⁰.

In tutti i locali dell'edificio sono previsti incendi di classe A, ossia "incendi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci"¹⁸¹. Solo nella cucina della caffetteria potrebbe verificarsi un incendio di classe F: "fuochi che interessano mezzi di cottura (oli e grassi vegetali o animali) in apparecchi di cottura"¹⁸². Eventuali incendi di gas potrebbero succedere, ma la loro estinzione non richiede altro che la chiusura della valvola di intercettazione.

Si prevede, quindi, la presenza di estintori di classe A in tutto l'edificio; essi devono essere collocati in posizioni facilmente raggiungibili e visibili, lungo i percorsi di esodo, in prossimità delle uscite e ad una quota di circa 110 cm dal piano di calpestio per essere sempre disponibili all'uso immediato. Gli estintori hanno minima carica nominale di 6 litri o 6 kg e devono essere posti ad una distanza di raggiungimento massima di 20 m.

Per la protezione interna di attività civili, è consigliata l'installazione di naspi, disposti nell'edificio ad una distanza massima tra ciascuno di 25 m, calcolata con la regola del filo teso.

L'installazione di un sistema *sprinkler* non è richiesta dal livello di prestazione dell'edificio.

Esso è stato installato all'interno del piano interrato, per garantire la sicurezza antincendio del parcheggio pubblico.

Per la progettazione del sistema si fa riferimento alla norma UNI EN 12845.

Gli erogatori sono posizionati per coprire una superficie massima di 9 m^2 e

ATTRIBUZIONE DEL
LIVELLO DI PRESTAZIONE

CLASSE DI INCENDIO

ESTINTORI

NASPI

SISTEMI *SPRINKLER*

¹⁸⁰ D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. S.6.4

¹⁸¹ D.M. 3 agosto 2015, allegato I, cap. S.6.5, Tabella S.6-4

¹⁸² *Ibidem*

sono posti ad una distanza massima di 1,8 m dalle pareti.

Per non danneggiare il contenuto dell'archivio, anch'esso posto al piano interrato, il sistema tradizionale di sprinkler è stato sostituito da un sistema di spegnimento ad aerosol. Con questo impianto, l'estinzione avviene in modo rapido per mezzo di una dispersione ultrafine di particelle condensate di carbonio di potassio e gas inerti.

RETE DI IDRANTI SOPRASUOLO ESTERNA

Gli idranti soprasuolo, a colonna, sono posizionati ad una distanza massima di 60 m tra di loro e ad una distanza dall'edificio compresa tra i 5 e i 10 m, come da indicazione della normativa UNI10779, Progettazione e Dimensionamenti Rete Idranti. Le colonne sono poste nel lotto in modo che siano agilmente raggiungibili dalle autopompe.

10.4.8. RIVELAZIONE ED ALLARME

Il capitolo S.7 della Norma di Prevenzione Incendi si occupa degli impianti di rivelazione e segnalazione allarme incendi (IRAI), realizzati con l'obiettivo di sorvegliare gli ambiti di una attività, rivelare precocemente un incendio e diffondere l'allarme al fine di attivare le misure protettive e gestionali¹⁸³.

ATTRIBUZIONE DEL LIVELLO DI PRESTAZIONE

Il livello di prestazione attribuito all'edificio è il III, essendo il carico di incendio specifico superiore a 600 MJ/m².

Livello di prestazione	Descrizione
I	Rivelazione e diffusione dell'allarme di incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività.
II	Rivelazione manuale dell'incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività e conseguente diffusione dell'allarme.
III	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza di ambiti dell'attività.
IV	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza dell'intera attività.

SOLUZIONI PROGETTUALI

In conformità con il livello di prestazione individuato, devono quindi essere sorvegliati gli spazi comuni, le vie d'esodo e spazi limitrofi, e le aree a rischio specifico con impianti di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi (IRAI). Questi impianti hanno funzione di rivelazione automatica dell'incendio, di controllo e segnalazione, di segnalazione manuale, di alimentazione, di allarme incendio, di trasmissione dell'allarme antincendio, di ricezione dell'allarme antincendio, di comando del sistema o protezione contro l'incendio.

Devono inoltre essere presenti dispositivi di allarme visuale e sonora o altri dispositivi adeguati alle capacità percettive degli occupanti ed alle condizioni ambientali (segnalazione di allarme ottica, a vibrazione, etc.).

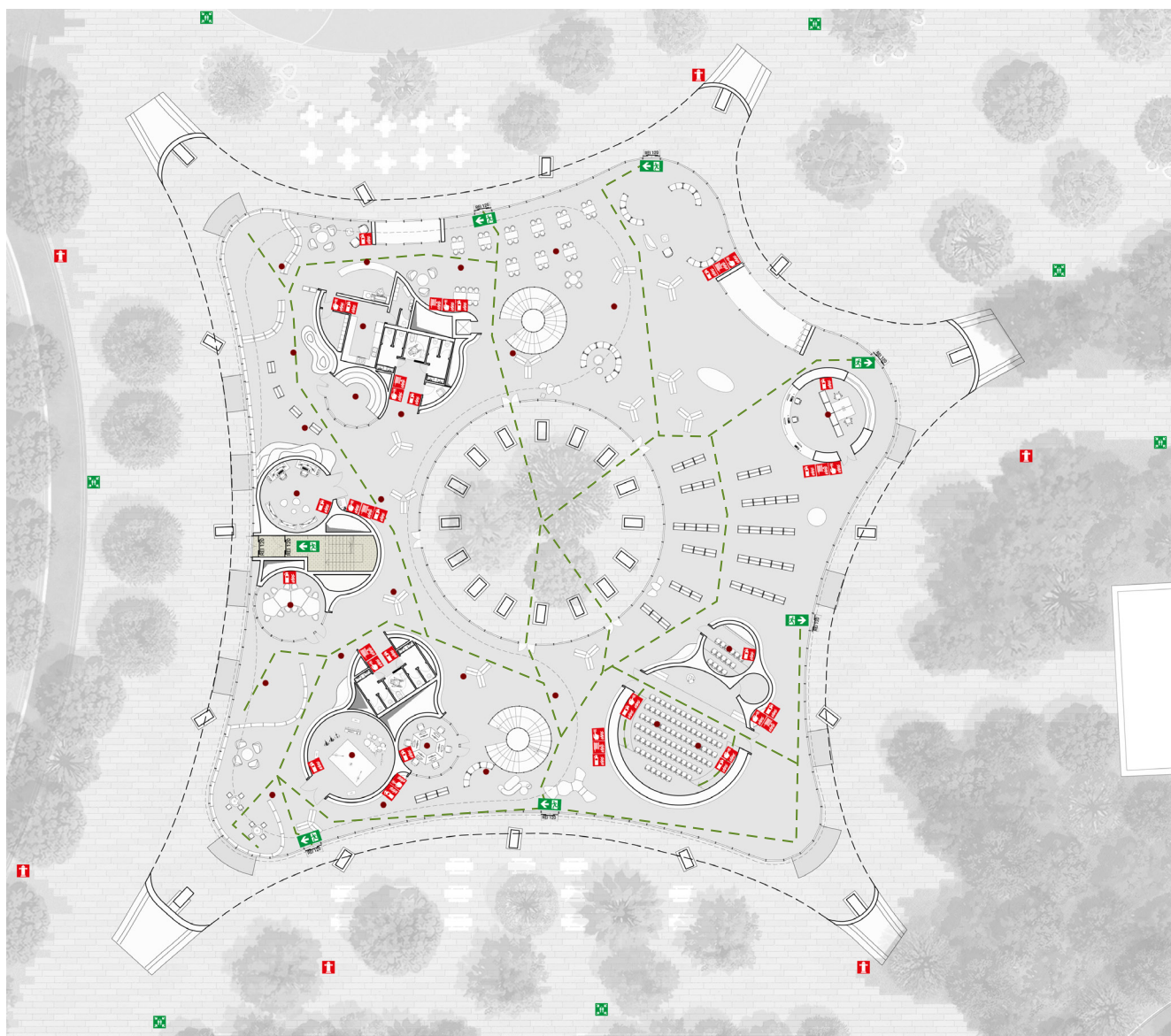
I rivelatori di fumo devono avere un raggio di copertura di 4,5 m se posizionati in ambienti con altezza inferiore di 8 m; per altezze comprese tra 8 e 12 m, i rivelatori hanno raggio di copertura di 6,5 m. I rivelatori devono essere posizionati ad una distanza minima di 0,5 m da pareti, travi e correnti d'aria.

Distribuzione orizzontale	
Distribuzione verticale	
Vano scala a prova di fumo	
Uscite di sicurezza	
Punto di raccolta	
Spazio calmo	
Idrante soprasuolo esterno	
Naspi	
Estintore	
Pulsante di allarme	
Porte REI 120	
Vie di esodo	
Rivelatori di fumo	

Fig. 10.12. Pianta piano interrato
- Estratto dalla tavola "Protezione
antin incendi | Pianta piano terra" -
Rif. tav. 82

Nella pagina successiva:

Fig. 10.13. Vista esterna
sull'ingresso







11. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

11.1. DEFINIZIONE E OBIETTIVI

La luce rappresenta un elemento fondamentale all'interno di un'architettura; essa è in grado di influenzare la percezione spaziale, il benessere degli occupanti e l'efficienza energetica. Studiarla e gestirla è necessario per progettare degli ambienti di qualità, nei quali il benessere psicofisico dell'utente venga soddisfatto.

Come dimostrato da vari studi approfonditi nel capitolo 3, l'esposizione alla luce naturale rende più agevole la visione, facilitando la concentrazione durante le attività di studio, e favorisce l'orientamento temporale in caso di attività protratte nel tempo o ripetitive.

Un ulteriore ruolo da attribuire alla luce è quello di differenziare gli ambienti in base alla funzione: gestire l'illuminazione in modo diverso in spazi destinati ad attività differenti, permette di creare un "clima luminoso" specifico e una gerarchia spaziale che faciliti il *wayfinding*, aiutando l'utente a capire istintivamente come muoversi.

Sebbene sia preferibile la luce naturale rispetto a quella artificiale, spesso risulta necessario integrare la seconda per garantire il comfort visivo negli ambienti, essendo la luce naturale un elemento che varia di intensità e temperatura in base alla stagione e all'orario.

11.2. GRANDEZZE ILLUMINOTECNICHE

Quando si svolgono le analisi illuminotecniche, si prendono in considerazione una serie di parametri che servono a quantificare la qualità visiva di un ambiente. Tali parametri, definiti a partire dal Manuale Illuminotecnico Pratico, sono l'illuminamento, l'uniformità di illuminamento, il Fattore medio di Luce Diurna (FLDm) e l'abbagliamento.

L'illuminamento è la quantità di flusso luminoso che incide su una superficie, espresso in lux (lm/m^2); l'uniformità di illuminamento è un parametro che viene definito come il rapporto tra il valore minimo e il valore medio dell'illuminamento di una superficie.

Il Fattore di Luce Diurna (FLD) è il rapporto tra l'illuminamento in un punto posto su una superficie all'interno dell'ambiente e l'illuminamento che si ha, nelle medesime condizioni, su una superficie orizzontale esterna, esposta in modo da ricevere luce dall'intera volta celeste. Entrambi i valori di illuminamento sono calcolati in condizioni di cielo coperto e questa grandezza permette di valutare le condizioni di luce all'interno dell'edificio in relazione alle condizioni di illuminazione presenti all'esterno.

Questo fattore dipende da tre componenti:

- *Sky Component* (SC): quantità di luce che dal cielo, considerato a luminanza costante, arriva direttamente nel punto considerato attraverso l'apertura della finestra;
- *Externally Reflected Component* (ERC): quantità di luce che arriva dopo

FATTORE DI LUCE DIURNA

aver subito riflessioni causate da superfici esterne;

- *Internally Reflected Component* (IRC): quantità di luce che arriva dopo aver subito riflessioni causate da superfici interne.

Nella pratica, si considera il Fattore medio di Luce Diurna (FLDm), prendendo in considerazione più punti campione dell'ambiente interno.

Tale parametro viene espresso in percentuale; ambienti con FLDm inferiore a 0,3% non vengono considerati accettabili a livello di illuminazione, un valore compreso tra 0,3% e 2% è discreto, tra il 2% e il 4% si considera un buon livello di illuminazione e sopra il 4% si ha un livello ottimo.

ABBAGLIAMENTO

L'abbagliamento è un fenomeno di discomfort che si verifica quando sono presenti livelli eccessivi di luminanza (grandezza fotometrica percepita dagli occhi che dipende prevalentemente dall'indice di riflessione, dal colore e dalla tipologia di superficie), che causano sensazioni di disagio e riducono la visibilità.

Per valutare l'abbagliamento si può utilizzare la *Unified Glare Rating* (UGR), ossia un indice per la determinazione dell'abbagliamento diretto.

11.3. QUADRO NORMATIVO

Per garantire livelli adeguati di comfort visivo, i valori minimi di riferimento vengono definiti all'interno della norma UNI EN 12464-1 "Illuminazione dei Luoghi di Lavoro"; questa norma, si concentra sul garantire il benessere dei lavoratori nel tempo, analizzando i compiti visivi abituali e fornendo indicazioni sui livelli di illuminamento, uniformità e grado massimo di abbagliamento necessari alle prestazioni visive. Questi valori, insieme a quelli indicati all'interno del Manuale illuminotecnico pratico, hanno guidato lo studio della luce svolto sul progetto.

Di seguito viene riportata una tabella con i valori minimi richiesti per ambienti e funzioni.

REQUISITI ILLUMINOTECNICI					
Unità ambientale o attività funzionale	FLDm [%]	E _m [lux]	UGR	Ra	Uniformità
Area forum e Learning Commons	≥ 2	300	≤ 22	80	≥ 0,4
Spazi di circolazione (livello pavimento)	≥ 2	100-200	≤ 25	40	≥ 0,4
Banconi informazioni, prestito, reference	≥ 2	500	≤ 19	80	≥ 0,6
Spazi con computer	≥ 2	-	-	-	-
Zona di riferimento	≥ 2	300	≤ 19	80	≥ 0,6
Postazione con illuminazione localizzata	≥ 2	200-350	≤ 19	80	-
Sale e aree studio, lettura e consultazione	≥ 2	-	≤ 19	80	≥ 0,6
Ambiente generale con postazioni con illuminazione localizzata	≥ 2	150-200	-	-	-
Sul piano di lettura con illuminazione localizzata	≥ 2	500	-	-	-
Ambiente generale con postazioni senza illuminazione localizzata	≥ 2	300-400	-	-	-
Zona scaffali	≥ 2	200	≤ 19	80	≥ 0,4
Settore di ingresso	≥ 2	200	≤ 19	80	≥ 0,5
Scaffale aperto e magazzino	≥ 2	200	≤ 19	80	≥ 0,5
Conservazione fondi pregiati	≥ 2	50	-	-	-
Spazi di supporto	≥ 2	100-150	≤ 22	80	≥ 0,5
Auditorium e sale conferenza	≥ 2	150-300-500	≤ 19	80	≥ 0,5
Sale di riunione	≥ 2	500	≤ 19	80	≥ 0,6

Tab. 11.1. Requisiti illuminotecnici da linee guida

Ambiente generale con sorgente localizzata	≥ 2	150-250	-	-	-
Uffici	≥ 2	-	-	-	-
Ambiente generale quando presenza di sorgente localizzata	≥ 2	150-250	-	-	≥ 0,5
Postazioni con videoterminale	≥ 2	300	≤ 19	80	≥ 0,7
Postazioni generiche	≥ 2	500	≤ 19	80	≥ 0,7
Laboratori	≥ 2	-	-	-	-
Ambiente generale	≥ 2	300-500	≤ 19	80	≥ 0,6
Postazioni con illuminazione localizzata	≥ 2	400-700	-	-	≥ 0,7
Archivi	≥ 2	300	≤ 19	80	≥ 0,5
Scale	≥ 2	150-200	≤ 19	40	≥ 0,5

11.4. SCELTE PROGETTUALI

La progettazione del centro culturale si è basata sulle linee guida della psicologia architettonica e delle neuroscienze, che hanno portato ad avere come tema centrale quello del rapporto con il verde. Questo tema si è espresso attraverso la realizzazione di un involucro completamente trasparente che permette all'utente di relazionarsi con la natura da quasi tutti i punti interni all'edificio. La gestione della luce naturale è, quindi, di fondamentale importanza per garantire il regolare svolgimento delle funzioni previste, creare ambienti stimolanti adatti allo studio e alla socializzazione, che siano in grado di attrarre la popolazione di Cesano Maderno.

Proprio per mantenere questo costante rapporto con la natura, è stata presa come decisione quella di minimizzare l'utilizzo di oscuranti e di ottimizzare l'ombreggiamento fornito dagli alberi che sono stati inseriti nel lotto.

11.4.1. ANALISI E SOLUZIONI

Le analisi illuminotecniche sono state svolte con il software VELUX Daylight Visualizer 3. Per avere maggiore controllo sulle varie aree, l'edificio è stato diviso in 11 zone da analizzare. Per effettuare delle simulazioni più realistiche il comfort visivo deve essere calcolato sul piano di lavoro, che convenzionalmente è situato ad altezza di 80/85 cm da terra. Inoltre, va esclusa una fascia di 50 cm dalle pareti per evitare le ombre portate e gli effetti delle riflessioni dirette e per ottenere una media di illuminamento e uniformità più rappresentative dell'area effettivamente utilizzata dagli utenti.

Le analisi sono state svolte in condizioni di cielo sereno e di cielo coperto il 21 marzo e 21 giugno, alle ore 9.00, 12.00 e 16.00. Inoltre, è stato analizzato anche il 21 dicembre in condizione di cielo sereno, alle ore 9.00, 12.00 e 15.00, considerando che il sole tramonta intorno alle 16.00 in quel periodo dell'anno a Cesano Maderno.

11.5. WORKFLOW

Lo studio illuminotecnico è stato eseguito a partire dall'analisi del modello architettonico così come è stato progettato, in modo da valutarne le prestazioni luminose intrinseche. Allo stadio preliminare, l'edificio non presentava aperture zenitali né elementi circostanti che potessero interferire con la luce.

Sulla base dei risultati ottenuti da tale analisi, si è proceduto con la determinazione di posizione e dimensione dei lucernari, per ridurre la dipendenza dalla luce artificiale durante le ore diurne, soprattutto al secondo piano, posizionato al di sopra della facciata continua.

Successivamente, sono state selezionate le tipologie di vetro e le schermature solari per prevenire i fenomeni di abbagliamento evidenziati dalle analisi precedenti.

Infine, in concomitanza con le analisi di comfort esterno, è stata inserita la vegetazione, identificando la distanza dall'edificio e la tipologia di essenze per creare un sistema di ombreggiamento dinamico che proteggesse l'edificio durante i mesi estivi e garantisse gli apporti solari durante i mesi invernali.

11.5.1. ANALISI PRESTAZIONALI DELL'EDIFICIO DI PROGETTO

Le analisi preliminari si sono svolte sull'oggetto architettonico progettato inizialmente, privo di lucernari, di oscuranti e di elementi naturali. Da esse, come previsto, sono stati evidenziati due problemi principali: sono presenti fenomeni di abbagliamento, con valori di illuminamento molto elevati, soprattutto al piano terra; inoltre, il secondo piano, posto al di sopra della facciata continua, risulta essere poco illuminato.

Dalle analisi sul Fattore medio di Luce Diurna, il piano terra risulta avere un ottimo livello di luce naturale, nettamente superiore al minimo da normativa, mentre il primo piano ha un valore buono ma inferiore al 3% e il secondo livello ha un valore scarso (attorno all'1%).

Le analisi dell'illuminamento sono state svolte considerando vetri float standard, con trasmittanza luminosa pari al 71%, nei due momenti considerati più critici per la luce naturale, ossia il 21 giugno alle ore 12.00 e il 21 dicembre alle ore 15.00.

Zone	Illuminamento [lux]
Piano terra	1659
Piano primo	528
Piano secondo	181

11.5.2. POSIZIONAMENTO DELLE APERTURE ZENITALI

Dai risultati ottenuti nella fase precedente, è stata eseguita la progettazione delle aperture zenitali, fondamentali non solo per il secondo piano, ma anche per il primo, nel quale è stato possibile aumentare l'uniformità grazie alla luce che dai lucernari penetra in profondità nell'edificio.

Sono stati scelti dei lucernari circolari, con diametro variabile da 2,2 m ad oltre 4 m, per garantire prestazioni luminose migliori nelle varie zone in base alla funzione in esse inserite. Per la scelta del posizionamento, si è tenuto conto anche dell'inclinazione della copertura, per cercare di massimizzare gli apporti dovuti a questi nuovi elementi aggiunti.

Questa fase ha permesso di migliorare le condizioni luminose dei piani superiori, raggiungendo dei valori adeguati sia in termini di illuminamento che

Tab. 11.2. Valori di illuminamento medi nella fase 1

di FLDm, ma il piano terra risultava ancora con una media di lux troppo elevata.

Zone	Illuminamento [lux]
Piano terra	1658
Piano primo	673
Piano secondo	500

11.5.3. SCHERMATURE SOLARI E COMPONENTI VETRATE

Lo step successivo si è concentrato sulla scelta dei vetri e sull'aggiunta di oscuranti solari, necessari per poter abbassare l'illuminamento delle zone open space.

Per limitare l'ingresso della radiazione luminosa che genera calore sono stati scelti dei vetri basso emissivi selettivi, con trasmittanza luminosa pari a 68% per la facciata continua. Per i lucernari, sono stati selezionati dei vetri normali con trasmittanza luminosa pari a 71%. Infine, per i vetri interni all'edificio, ossia le partizioni che separano le aule dagli ambienti aperti, sono stati scelti dei vetri extra chiari poiché, essendo le aule all'interno, è necessario massimizzare la luce che arriva in esse.

Data la necessità di diminuire i lux medi negli spazi del piano terra, sono stati inseriti degli oscuranti fissi; la scelta è ricaduta su lamelle profonde 30 cm ed inclinate di 30 gradi rispetto all'orizzontale, disposte sui lati sud, est e ovest dell'edificio, dove risultano maggiormente necessari. Per mantenere inalterato il rapporto visivo tra interno e parco esterno, i frangisole sono posti ad un'altezza minima di 2,50 m dal suolo e coprono solo la porzione superiore del piano terra.

Zone	Illuminamento [lux]
Piano terra	1297
Piano primo	636
Piano secondo	484

11.5.4. POSIZIONAMENTO DELLA VEGETAZIONE ESTERNA

Con le modifiche apportate nelle fasi precedenti, i livelli di illuminamento sono migliorati soprattutto nelle aule, mentre negli spazi open space risulta ancora troppo elevato il valore di lux medi.

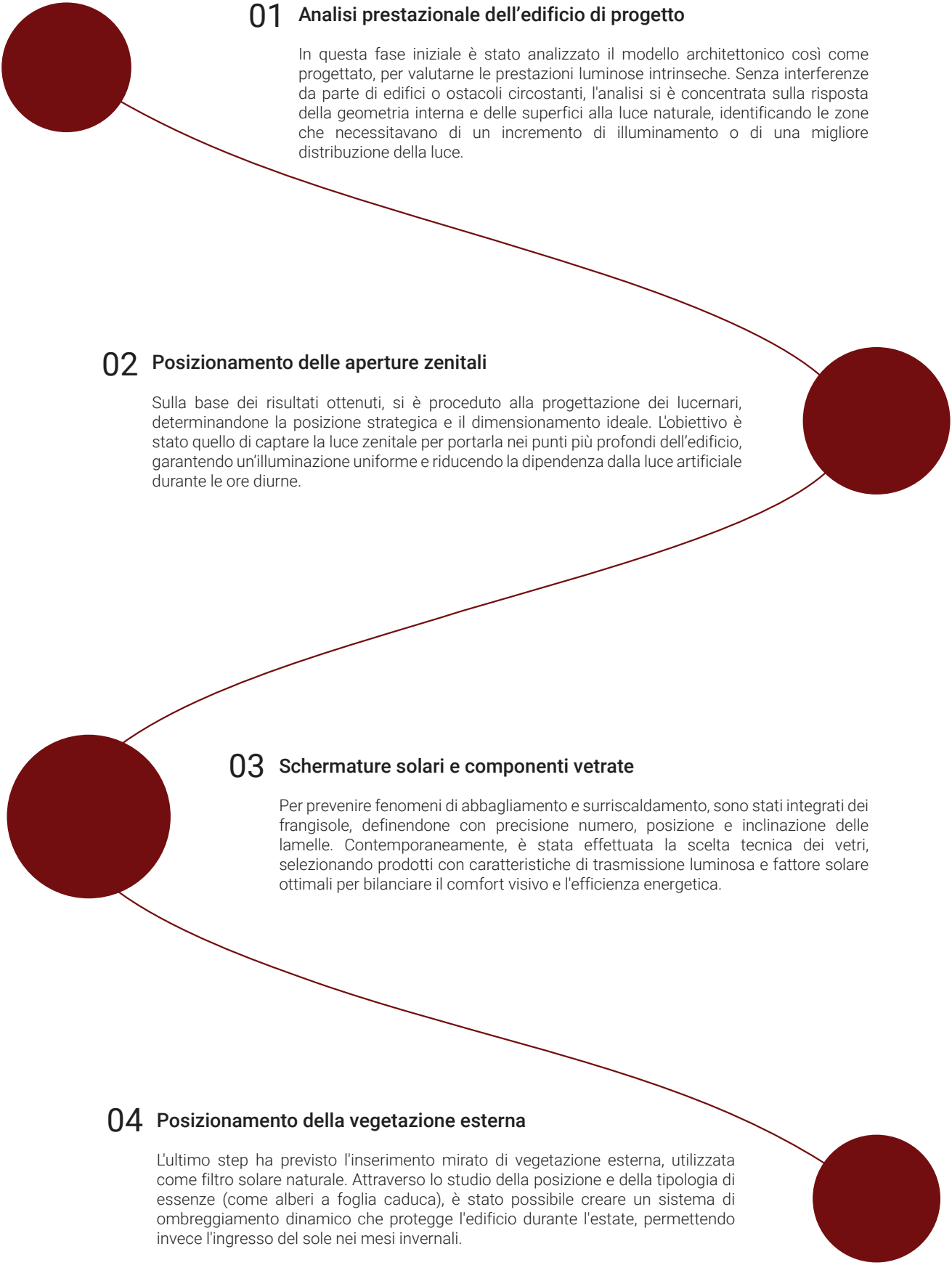
Data l'importanza del rapporto con la natura e il fatto che nel mese invernale in cui sono state svolte le analisi i livelli di illuminamento non devono essere abbassati, è stato deciso di non inserire ulteriori oscuranti, ma di sfruttare l'ombreggiamento naturale che la vegetazione esterna può fornire. Lo studio delle piante, svolto in contemporanea alle analisi climatiche di comfort esterno, ha portato a selezionare delle specie arboree caducifoglie; la disposizione e la tipologia scelte hanno seguito le necessità interne di oscuramento, ossia di abbassare i lux medi al piano terra. La scelta è quindi ricaduta su alberi di dimensioni ridotte posti vicino all'edificio, in modo da non influenzare i piani superiori, che avevano già valori di illuminamento adeguati; anche la quantità di questi elementi è stata dettata dalle esigenze di ombreggiamento dei singoli ambienti.

Zone	Illuminamento [lux]
Piano terra	1054
Piano primo	555
Piano secondo	475

Tab. 11.3. Valori di illuminamento medi nella fase 2

Tab. 11.4. Valori di illuminamento medi nella fase 3

Tab. 11.5. Valori di illuminamento medi nella fase 4



01 Analisi prestazionale dell'edificio di progetto

In questa fase iniziale è stato analizzato il modello architettonico così come progettato, per valutarne le prestazioni luminose intrinseche. Senza interferenze da parte di edifici o ostacoli circostanti, l'analisi si è concentrata sulla risposta della geometria interna e delle superfici alla luce naturale, identificando le zone che necessitavano di un incremento di illuminamento o di una migliore distribuzione della luce.

02 Posizionamento delle aperture zenitali

Sulla base dei risultati ottenuti, si è proceduto alla progettazione dei lucernari, determinandone la posizione strategica e il dimensionamento ideale. L'obiettivo è stato quello di captare la luce zenitale per portarla nei punti più profondi dell'edificio, garantendo un'illuminazione uniforme e riducendo la dipendenza dalla luce artificiale durante le ore diurne.

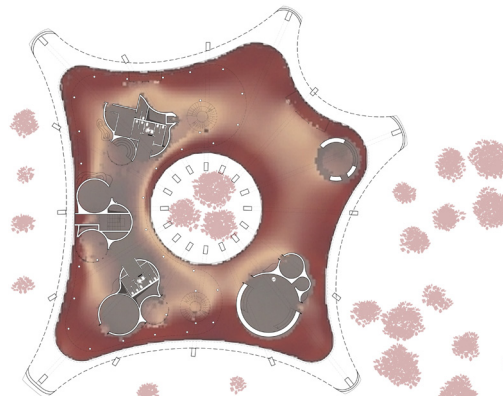
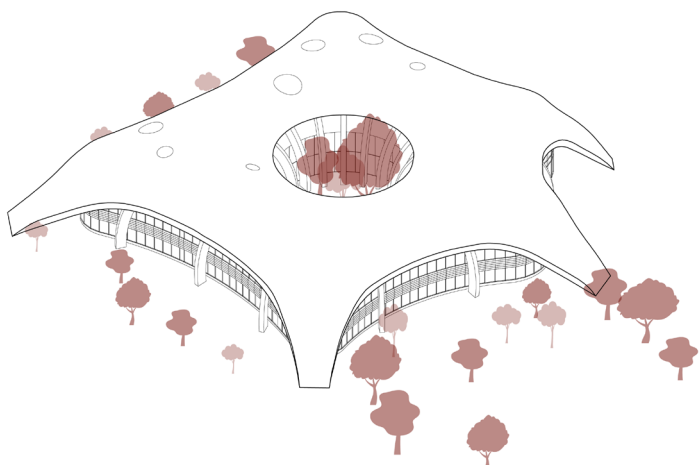
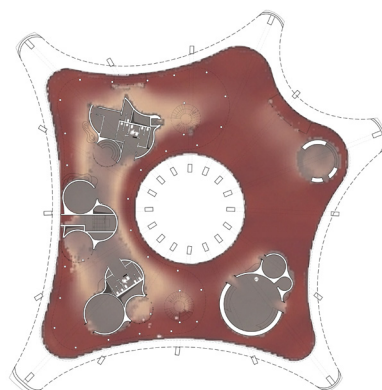
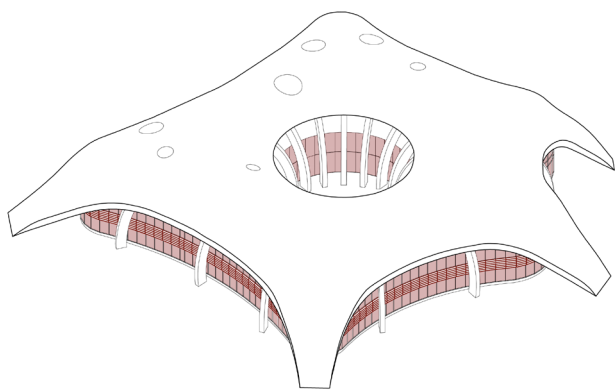
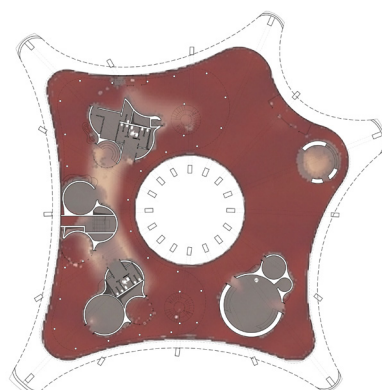
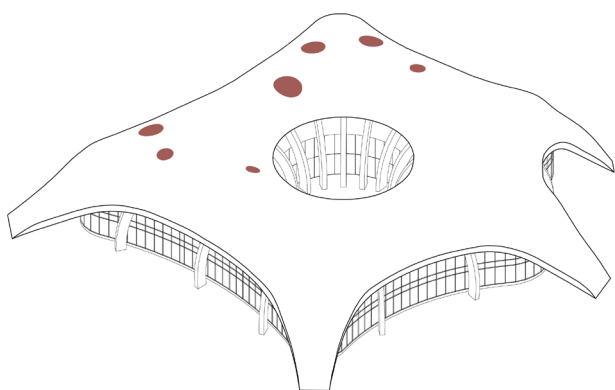
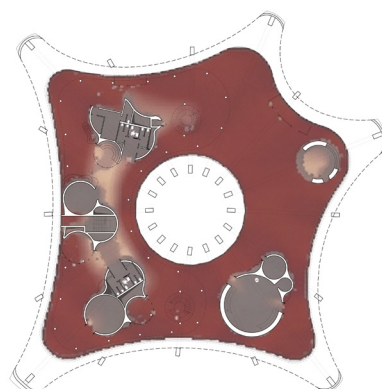
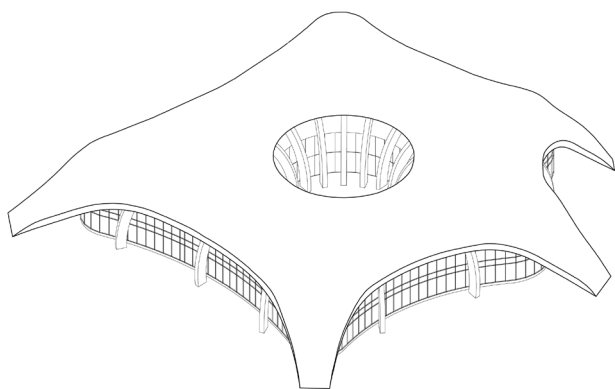
03 Schermature solari e componenti vetrate

Per prevenire fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento, sono stati integrati dei frangisole, definendone con precisione numero, posizione e inclinazione delle lamelle. Contemporaneamente, è stata effettuata la scelta tecnica dei vetri, selezionando prodotti con caratteristiche di trasmissione luminosa e fattore solare ottimali per bilanciare il comfort visivo e l'efficienza energetica.

04 Posizionamento della vegetazione esterna

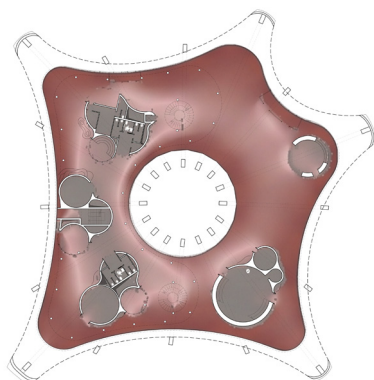
L'ultimo step ha previsto l'inserimento mirato di vegetazione esterna, utilizzata come filtro solare naturale. Attraverso lo studio della posizione e della tipologia di essenze (come alberi a foglia caduca), è stato possibile creare un sistema di ombreggiamento dinamico che protegge l'edificio durante l'estate, permettendo invece l'ingresso del sole nei mesi invernali.

Fig. 11.1. Schema della fasi del processo di analisi e illuminamento incidente al piano terra nel mese di Giugno ore 12.00 - Estratto dalla tavola "Fasi di analisi" e "Confronto tra fasi" - Rif. tav. 87-88

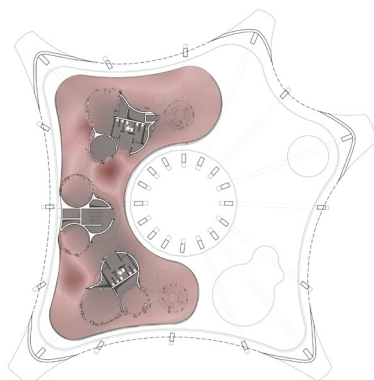


11.6. RISULTATI

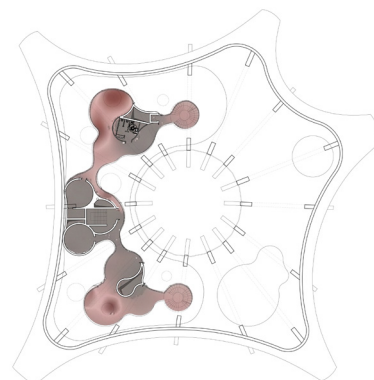
11.6.1. GIUGNO ORE 12.00 | CIELO SERENO



Piano terra

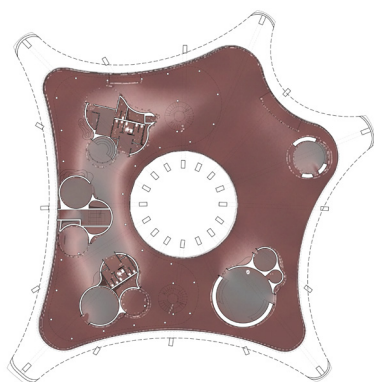


Piano primo

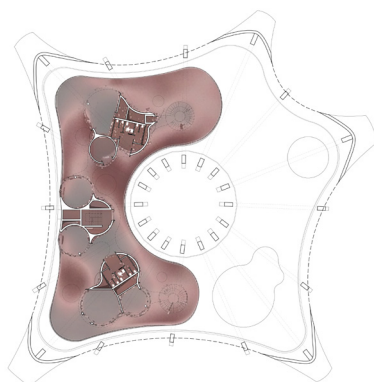


Piano secondo

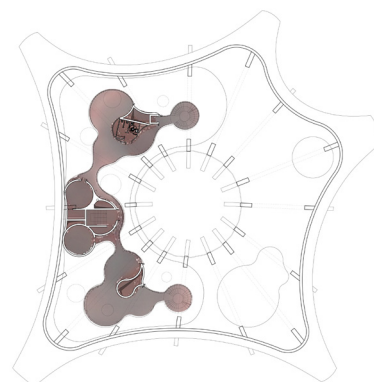
11.6.2. DICEMBRE ORE 12.00 | CIELO SERENO



Piano terra

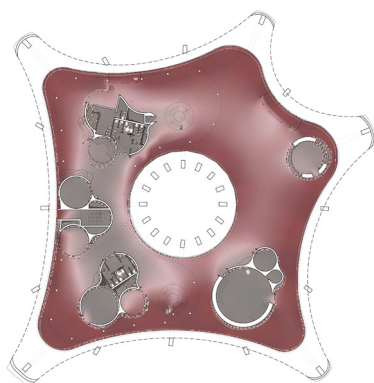


Piano primo

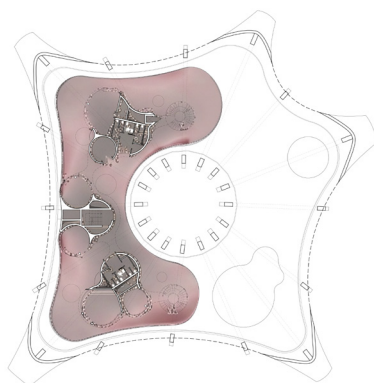


Piano secondo

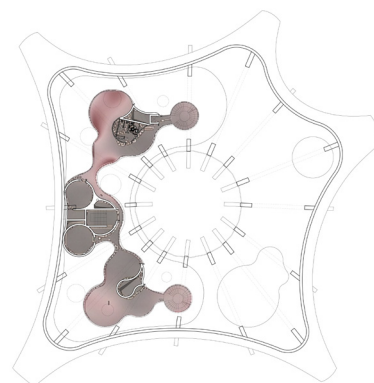
11.6.3. MARZO ORE 12.00 | CIELO SERENO



Piano terra



Piano primo



Piano secondo

11.7. CONCLUSIONI

Le analisi finali, effettuate in diversi periodi dell'anno, orari e condizioni del cielo, hanno evidenziato una media di illuminamento abbondantemente a favore di normativa nella maggior parte dell'edificio.

In particolare, le zone open space del piano terra e del primo piano, caratterizzate da funzioni prettamente di socialità, studio e lettura, e quindi con maggiore necessità di una elevata quantità di luce, risultano avere valori medi di 1000 lux per il piano terra e 500 per la zona di scaffale aperto al piano primo, nettamente superiori ai valori minimi richiesti da normativa.

Il fenomeno di abbagliamento, presente nel piano terra nelle prime fasi di analisi, risulta essere efficacemente contenuto dall'installazione del sistema di frangisole ipotizzato. In queste zone, infatti, si passa da un valore di illuminamento in prossimità della facciata continua di circa 1700 lux nella fase 1 ad un valore ridotto di un terzo nella configurazione finale. L'utilizzo di tendaggi interni permette di adattare, nel tempo, lo spazio ai livelli di illuminazione richiesti dalle diverse funzioni ipotizzate.

Nonostante questo, è evidente la presenza di ambienti con una media di illuminamento inferiore alla soglia definita dalla normativa. In questi casi, alla luce naturale verrà integrata la luce artificiale, regolabile direttamente dall'utente nelle aree più private, nell'ottica del controllo dell'ambiente circostante, altro tema importante presentato della psicologia architettonica.

Fig. 11.2. Analisi illuminotecniche 21 giugno, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 91

Fig. 11.3. Analisi illuminotecniche 21 dicembre, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 90

Fig. 11.4. Analisi illuminotecniche 21 marzo, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 93

Nella pagina successiva:

Fig. 11.5. Vista interna piano terra





12. CONFIGURAZIONE DEGLI INTERNI

*"Il cervello controlla il nostro comportamento. I geni controllano le linee guida della progettazione e della strutturazione del cervello. L'ambiente può regolare il funzionamento dei geni e, sostanzialmente, la struttura dei nostri cervelli. Cambiamenti nell'ambiente modificano il cervello e quindi essi fanno cambiare il nostro comportamento. Di conseguenza, la progettazione architettonica modifica il nostro cervello e il nostro comportamento"*¹⁸⁴

12.1. NEURODESIGN

Il neurodesign è una disciplina nata formalmente negli anni 2000 negli Stati Uniti. Unisce architettura, design, neuroscienze e psicologia comportamentale, con l'obiettivo di capire come l'uomo reagisce alla percezione dello spazio e degli oggetti in esso inseriti.

Gli studi neuroscientifici hanno dimostrato che l'ambiente influisce sul cervello attraverso una serie di fattori, i quali possono migliorare o peggiorare l'esperienza di gradimento di un luogo, influenzando l'umore, la concentrazione, la produttività, la creatività e lo stress. In quest'ottica, il neurodesign va oltre l'estetica e la funzionalità di uno spazio, mirando a progettare luoghi in cui venga promosso il benessere psicofisico dell'utente.

Il primo campo di applicazione di questa disciplina innovativa è quello del marketing, in cui sono state sfruttate le conoscenze neuroscientifiche per analizzare i processi inconsapevoli che avvengono nella mente del consumatore e che influenzano le decisioni di acquisto. I primi ambiti di applicazione del neuromarketing sono stati proprio i centri di grande distribuzione, gli annunci pubblicitari e i siti web dei brand.

L'attenzione si è poi spostata sulla progettazione degli interni. L'uomo trascorre gran parte della sua vita all'interno di edifici, perciò è importante che i progettisti creino luoghi stimolanti e che si adattino alle funzioni che vi si devono svolgere.

12.1.1. PRINCIPI FONDAMENTALI DEL NEURODESIGN

Il neurodesign si basa sulle evidenze scientifiche provenienti dalle scoperte neuroscientifiche che analizzano il modo con cui il cervello processa gli stimoli visivi. Esso si basa su alcuni principi fondamentali¹⁸⁵:

- Regola della semplicità: un design minimalista attrae e ha sempre più successo di uno complicato. Il cervello ama risparmiare energie e odia dover processare troppi dettagli.
- Regola della fluidità: presentare i concetti uno dopo l'altro e in successione logica, anche a livello visivo, li rende semplici e facili da comprendere e seguire.
- Regola delle forme stondate: si preferiscono le curve e le linee senza tagli o angoli in quanto gli oggetti curvi sono percepiti meno pericolosi di quelli appuntiti.

¹⁸⁴ Fred H. Gage, discorso di apertura all'AIA National Convention del 2003, San Diego, 10 maggio 2003

¹⁸⁵ <https://www.neurowebcopywriting.com/introduzione-neurodesign/#principi>

- Simmetria: gli oggetti simmetrici, come le facce delle persone, sono considerati più attraenti, e le simmetrie verticali più attraenti di quelle orizzontali.
- Familiarità: si prova attrazione per ciò che si conosce ed è familiare. Il motivo è sempre legato alla necessità del cervello di fare economia, fatto che lo spinge a scegliere pattern già conosciuti e sperimentati. Un oggetto, un colore o una forma familiare sono - inoltre - percepiti come rassicuranti, mentre qualcosa di nuovo desterà sì curiosità, ma potrebbe anche essere considerato come una minaccia.
- Contrasto e colore: l'uomo è irresistibilmente attratto da qualsiasi oggetto che si staglia su uno sfondo in modo netto e preferisce i colori brillanti ed energici a quelli spenti.

Altri fattori chiave che il cervello elabora e con cui reagisce inconsciamente all'interno di uno spazio tridimensionale sono:

- Le altezze e i volumi: l'effetto cattedrale è un fenomeno psicologico che correla l'altezza del soffitto alla tipologia del pensiero umano; è stato analizzato in uno studio del 2007, condotto da Meyers-Levy e Zhu, in cui si evidenzia come un soffitto alto promuova il pensiero astratto e la creatività, mentre un soffitto basso incoraggi la concentrazione e l'analisi dettagliata.¹⁸⁶
- Orientamento (*wayfinding*): creare un layout semplice, che faciliti l'orientamento, trasmette un senso di sicurezza; al contrario, un layout confuso genera ansia inconscia nell'utilizzatore.

12.1.2. L'IMPATTO DELLO SPAZIO SUL COMPORTAMENTO DELL'UTENTE

All'interno di un centro culturale configurato come un luogo di socialità con molteplici funzioni, gli utenti manifestano esigenze cognitive differenti che l'architettura deve essere in grado di supportare attraverso la configurazione di layout spaziali adeguati.

La disposizione dello spazio definisce se un ambiente inibisce l'interazione tra le persone o se la promuove. Orientamenti rigidi e lineari tendono a isolare l'individuo, mentre configurazioni radiali o fluide tendono a favorire il contatto visivo. Gli ambienti dedicati alla socialità ed alla cooperazione devono essere configurati con layout flessibili e geometrie avvolgenti, per ridurre la percezione di minaccia dello spazio personale prossemico e stimolare il rilascio dell'ossitocina, l'ormone che regola la fiducia.

Le funzioni che prevedono maggiore concentrazione devono essere inserite in spazi in cui si garantisca la stabilità visiva e la corretta segmentazione spaziale al fine di ridurre l'attivazione del sistema di allerta inconscio, aumentando la capacità di memorizzazione.¹⁸⁷

¹⁸⁶ J. Meyers-Levy e R. J. Zhu, "The Influence of Ceiling Height: The Effect of Priming on the Type of Processing That People Use", 2007

¹⁸⁷ Higuera-Trujillo, J. L., Llinares, C., & Macagno, E. (2021). The Cognitive-Emotional Design and Study of Architectural Space: A Scoping Review of Neuroarchitecture. *Frontiers in International Case Studies*, National Institutes of Health (NIH)

12.2. LE VARIABILI PROGETTUALI

Nella progettazione di un ambiente che stimoli l'utente bisogna, quindi, tenere conto di molti elementi: i pavimenti, i soffitti, le pareti, i colori, i materiali, le texture, le geometrie e la luce. Tutti questi parametri sono interconnessi tra loro e vanno regolati nelle singole aree del progetto per far in modo che l'emozione scelta per il singolo ambiente si esprima.

12.2.1. COLORI

La scelta della palette cromatica non è solo legata all'estetica: i colori, la luce e le tonalità vengono elaborate dal cervello influenzando i ritmi biologici e lo stato emotivo, agendo in modo differente sull'attivazione del sistema nervoso autonomo.¹⁸⁸

Colori troppo accesi attivano il sistema nervoso simpatico, aumentando la pressione sanguigna e la frequenza cardiaca e, di conseguenza, stimolando l'energia e l'eccitazione. Invece, colori più naturali e tonalità neutre favoriscono l'attivazione del sistema parasimpatico, che porta ad uno stato di maggiore rilassamento e calma.

Per poter scegliere il colore più adeguato alla reazione fisiologica e psicologica che si vuole ottenere, è stato necessario analizzare come le famiglie di colori influenzano il comportamento cognitivo dell'utente:

- Blu: questo colore è associato alla riduzione di frequenza cardiaca, stimolando un senso di calma e sicurezza. È il colore ideale per compiti che richiedono uno stato di concentrazione prolungato perché riduce l'ansia e mitiga la sensazione di affaticamento mentale. Tonalità troppo scure o sature in ambienti con poca luce possono indurre un senso di malinconia e freddezza.
- Verde: è il colore biofilico per eccellenza, rimanda alla natura ed ha un forte potere rigenerativo sulla mente, secondo la teoria *Attention Restoration Theory* (ART) di Kaplan. Viene preferita la scelta di sfumature desaturate come il verde salvia e il verde menta.
- Rosso e arancione: i colori caldi attivano il sistema nervoso simpatico, accelerando leggermente il battito cardiaco. L'arancione stimola l'entusiasmo e l'interazione sociale, mentre il rosso cattura l'attenzione in modo immediato.
- Giallo: questo colore, associato al sole, stimola l'ottimismo e risveglia la mente, favorendo la prontezza mentale e la memorizzazione. Gialli troppo accesi e saturi possono aumentare l'irrequietezza.
- Colori neutri: i grigi puri o i bianchi freddi aumentano la percezione di monotonia e sterilità, causando un calo di motivazione; i colori che richiamano la terra (come il beige e il terracotta), invece, trasmettono un senso di ambiente domestico, umanizzando lo spazio.

L'uso strategico del colore, inoltre, permette di strutturare dei codici visivi inconsci per l'orientamento spaziale (*wayfinding* cromatico), aiutando l'utente a muoversi istintivamente e riducendo il senso di smarrimento.

¹⁸⁸ Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of Color on Emotions. *Journal of Experimental Psychology*, 123(4)

12.2.2. MATERIALI

L'esperienza di un ambiente non si limita solo alla percezione visiva, ma coinvolge tutti i sensi e, in particolare, quello del tatto. Le neuroscienze hanno dimostrato che i materiali che stimolano positivamente tatto e vista sono in grado di attivare delle aree cerebrali legate al piacere, riducendo lo stress micro-ambientale¹⁸⁹. La scelta dei materiali risulta, pertanto, essere fondamentale nella progettazione di ambienti che mirano a curare il comfort psicofisico dell'utente.

Materiali naturali, o che rimandano ad elementi naturali, rispondono ai principi del design biofilico. Per esempio, toccare una superficie in legno stimola una risposta di rilassamento, abbassando i livelli di ansia; questo accade perché questo materiale possiede pattern unici ma ordinati che il cervello riconosce inconsciamente come sicuri e familiari.¹⁹⁰

Invece, materiali morbidi come i tessuti, attivano ricettori cutanei legati alle sensazioni di comfort emotivo, attenuando le difese inconsce della persona e favorendo la predisposizione al dialogo.¹⁹¹

Anche l'opacità dei materiali è un aspetto cruciale: materiali riflettenti possono generare fenomeni di abbagliamento, i quali provocano affaticamento visivo. Nel neurodesign vengono quindi preferiti materiali opachi, che assorbono e diffondono la luce in modo omogeneo nello spazio.

12.2.3. ARREDI

Anche lo studio dei mobili, la loro disposizione e le loro forme è fondamentale per progettare un luogo che ponga al centro il benessere psicofisico dell'utente. L'arredo è considerabile come un'estensione del corpo e della mente, genera lo spazio ed è in grado di modificare l'esperienza all'interno di un edificio, essendo il punto di contatto più vicino tra l'utente e l'architettura.

Attraverso i concetti dell'ergonomia cognitiva, la neuroarchitettura ha dimostrato che la mente utilizza il corpo e gli oggetti che lo circondano per pensare, concentrarsi o rilassarsi.¹⁹²

Diversi studi in campo neuroscientifico hanno inoltre dimostrato che linee rigide e forme spigolose attivano l'area del cervello legata all'allerta; al contrario, geometrie curve, contorni morbidi e arredo avvolgente attivano aree legate al relax e al piacere¹⁹³. La scelta di mobili adeguato può trasmettere un senso di sicurezza e di accoglienza, rendendo lo spazio più familiare.

La modularità e la flessibilità dell'arredo sono un altro parametro fondamentale nella scelta del mobili. L'impossibilità di personalizzare e modificare l'ambiente circostante genera nell'utente il fenomeno noto come "impotenza attesa" (*learned helplessness*), che si traduce in calo di motivazione e frustrazione.

Fornire arredi flessibili aumenta il senso di controllo sul contesto e sulle proprie azioni, aumentando la concentrazione e la motivazione e riducendo lo stress ambientale.¹⁹⁴

189 Pallasmaa, J. (2005). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. Wiley

190 Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., & Tonello, G. (2006). The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*, 49(14)

191 Spence, C. (2020). Senses of place: architectural design for the multisensory mind. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1)

192 Sussman, A., & Hollander, J. B. (2021). *Cognitive Architecture: Designing for How We Respond to the Built Environment*. Routledge

193 Banaei, M., Hatami, J., Yazdanfar, A., & Gramann, K. (2017). Application of Electroencephalography (EEG) in Intentional Architecture: Form Perception and Emotional Responses. *Frontiers in Architectural Research*, 6(4)

194 Evans, G. W. (2003). The built environment and mental health. *Journal of Urban Health*, 80(4)



12.3. APPLICAZIONE PRATICA: ANALISI DI AMBIENTE CAMPIONE

L'applicazione pratica di questi principi è stata svolta su due ambienti campione: l'aula studio e la sala coworking.

Il primo passo svolto è stato comprendere quali sono le sensazioni e gli stimoli che i due ambienti devono produrre nell'utente. A partire da ciò, sono stati definiti la forma, le altezze, i colori, i materiali, l'arredo e l'illuminazione.

12.3.1. AULA STUDIO

L'ambiente dedicato allo studio è stato progettato con linee più rigide per favorire la concentrazione profonda ed evitare la sovrastimolazione senza, tuttavia ricadere nella monotonia che può causare sonnolenza. Per ottimizzare le prestazioni cognitive, favorire la concentrazione e lo svolgimento di azioni ripetitive, l'aula presenta soffitti ribassati, realizzati mediante l'utilizzo di pannelli fonoassorbenti pendinati.

La scelta dei materiali e dei colori si basa sul design biofilico, sfruttando la predisposizione del sistema nervoso umano a trarre beneficio dagli stimoli naturali. Il colore scelto per le pareti è un verde salvia chiaro, una tonalità che riduce i livelli di cortisolo (l'ormone dello stress) e induce uno stato di calma vigile, altamente favorevole alla memorizzazione.

Il progetto illuminotecnico si basa sulla sincronizzazione dei ritmi circadiani. È stato previsto l'inserimento di una luce generale diffusa che varia la temperatura in base all'ora del giorno, in linea con i cambiamenti della luce naturale. Ad essa, si integrano delle lampade da tavolo orientabili e regolabili dall'utente. Studi neuroscientifici hanno infatti dimostrato che la possibilità di personalizzare lo spazio attorno a sé offre un senso di controllo ambientale che riduce l'ansia, mentre la presenza di un cono luminoso su un'area circoscritta restringe il campo dell'attenzione, isolando l'utente dalle distrazioni esterne.¹⁹⁵

I tavoli sono organizzati in isole da massimo quattro postazioni, così da individuare un confine spaziale circoscritto e definito, garantendo uno spazio peripersonale adeguato all'interno del quale l'utente si sente protetto e non percepisce la vicinanza altrui come una possibile minaccia¹⁹⁶. Nei tavoli sono integrati dei divisorii in materiale fonoassorbente ad altezza occhi in modo da garantire privacy visiva ma non l'isolamento completo, schermando i movimenti nel campo visivo periferico che attivano continui micro-risvegli dell'attenzione e riducono la concentrazione.¹⁹⁷

Per il piano di lavoro, è stato scelto il legno di rovere chiaro con finitura opaca al fine di eliminare possibili effetti di abbagliamento luminoso per riflettanza e stimolare il tatto, riducendo la frequenza cardiaca e i livelli di ansia.

Le sedute inserite sono ergonomiche ed attive, in materiale traspirante e regolabili in altezza. Questi elementi promuovono una dinamicità che incrementa l'afflusso di sangue ossigenato alla corteccia cerebrale, riducendo l'affaticamento mentale, grazie alla possibilità di compiere costanti micromovimenti.

195 Spence, C. (2020). The multisensory handbook of spatial attention. Oxford University Press.

196 Coello, Y., Cartaud, A. (2020). The Interrelation Between Peripersonal Action Space and Interpersonal Social Space: Psychophysiological Evidence and Clinical Implications.

197 Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and the initiation of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(5).

Fig. 12.1. Prospetto interno dell'aula studio



Infine, l'ambiente integra degli elementi vegetali vivi ed elementi grafici. La presenza di piante in vaso migliora la qualità dell'aria e attiva i processi inconsci descritti dalla *Attention Restoration Theory* (ART) di Kaplan, secondo cui la visione di schemi naturali favorisce il recupero cognitivo.



Sulla base della stessa linea teorica, sono state inserite delle stampe che rappresentano frattali naturali che il sistema visivo umano elabora con basso sforzo computazionale e che stimolano il rilassamento vigile e la rigenerazione mentale.

Fig. 12.2. Vista interna aula studio



12.3.2. AULA COWORKING

L'aula coworking è stata concepita e progettata con l'obiettivo di dare forma ad un ambiente dinamico, capace di stimolare la collaborazione sinergica e i processi creativi.

Da un punto di vista morfologico, le linee curve e organiche, unite a soffitti alti allontana l'utente dalla rigidità delle classiche impostazioni d'ufficio, favorendo un'apertura mentale che incentiva il pensiero divergente e l'astrazione.

Le pareti vetrate a tutta altezza svolgono una duplice funzione fondamentale: da un lato agiscono come un efficace filtro acustico, contenendo il rumore generato dalle sessioni di lavoro senza isolare gli utenti. Dall'altro garantiscono una totale continuità visiva sia con i flussi interni dell'edificio che con il paesaggio naturale esterno, mitigando il senso di confinamento spaziale.¹⁹⁸

L'adozione di materiali naturali come il parquet in legno di rovere chiaro, unita ad una progettazione biofilica diffusa, agiscono positivamente sull'affaticamento mentale e lo stress tipici di sessioni prolungate di riunioni e *brainstorming*, accelerando il recupero cognitivo attraverso la stimolazione del sistema parasimpatico.¹⁹⁹

Per le superfici verticali, è stato scelto il colore azzurro polvere che, similmente al verde salvia adottato nella sala studio, riduce i livelli di cortisolo e favorisce la calma vigile.

Per incentivare l'interazione fisica e lo scambio di idee, un'intera porzione di parete ospita una fascia bianca trattata con pittura scrivibile. L'atto di alzarsi e scrivere su una superficie estesa innesca circuiti motori e cognitivi complessi che stimolano la produzione di dopamina. Al contrario di una interazione mediata da schermi, che costringe i corpi ad una postura più rigida e crea una barriera fisica e visiva tra gli interlocutori rivolti verso il computer, l'utilizzo di una lavagna a parete sposta il focus all'esterno. Questo scenario dinamico stimola l'attività dei neuroni specchio, facilitando l'empatia e la comprensione delle azioni altrui.²⁰⁰

Anche in questo ambiente, il progetto illuminotecnico prevede l'integrazione di due sistemi di luce artificiali. In particolare:

- al di sopra del tavolo centrale è disposta una sorgente LED di colore bianco neutro (4000 K) ad emissione indiretta, per evitare fenomeni di abbagliamento;
- lungo il perimetro dell'aula - invece - incassata nel controsoffitto, è disposta una luce LED che si proietta in modo uniforme sulle pareti, aumentando la percezione spaziale di ampiezza e riducendo il senso di confinamento, che può causare discomfort negli utilizzatori.²⁰¹

Il tavolo, vero e proprio fulcro della stanza, è caratterizzato da una forma organica e fluida. L'assenza di spigoli e la mancanza di un capotavola elimina le gerarchie e riduce l'ansia sociale, promuovendo dinamiche di partecipazione equa, armonia di gruppo e inclusione.²⁰²

198 Evans, G. W. (2003). The built environment and mental health. *Journal of Urban Health*, 80(4)

199 Kellert, S. R., & Calabrese, E. F. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. London: Routledge.

200 Rizzolatti, G., Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Raffaello Cortina Editore

201 Flynn, J. E., et al. (1973). A interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3(1)

202 Kranzbühler, R., et al. (2021). The geometry of courtroom and boardroom furniture: How round tables mitigate social anxiety and hierarchy tracking in the human brain. *Frontiers in Psychology*, 12

Fig. 12.3. Prospetto interno della sala coworking



Infine, come per l'aula studio, le sedute scelte in questo ambiente sono di tipo attivo ed ergonomico. Esse assecondano i movimenti naturali del corpo, consentendo costanti micromovimenti posturali e oscillazioni che impediscono



la rigidità muscolare. Questa modalità incrementa l'afflusso di sangue ossigenato al cervello, riducendo l'affaticamento cognitivo. Inoltre, offrono all'individuo un senso di controllo e padronanza dello spazio peripersonale, abbattendo lo stress e incrementando la produttività.

Fig. 12.4. Vista interna sala coworking

13. CONCLUSIONI

Il percorso di ricerca e progettazione sviluppato in questo lavoro di tesi ha voluto dimostrare come la fusione tra architettura ed ingegneria possa superare la concezione tradizionale di comfort, storicamente limitata ai soli parametri fisici e normativi, per abbracciare una dimensione più profonda legata al benessere psicologico dell'individuo.

Il progetto ARCO si è configurato, fin dalle sue fasi preliminari, come un ponte interdisciplinare tra architettura e psicologia, partendo dal presupposto che lo spazio costruito non sia un contenitore neutro, ma un catalizzatore capace di influenzare direttamente le prestazioni cognitive, lo stato emotivo e le dinamiche sociali di chi lo vive.

Questa chiave di lettura psicologica ha trovato il suo terreno di applicazione ideale nel contesto di Cesano Maderno, un territorio caratterizzato da una popolazione eterogenea e multiculturale.

In questo scenario, la necessità di ricucire il tessuto sociale richiedeva la nascita di un vero e proprio attivatore sociale, un terzo luogo inclusivo che diventi un polo attrattore, trasformando la concezione di biblioteca da semplice deposito di libri a polo culturale dinamico, estendendo la cura del benessere del cittadino anche allo spazio pubblico circostante.

La risposta ingegneristica a queste complesse necessità sociali e psicofisiche si traduce in un impianto strutturale flessibile e privo di pilastri, composto da grandi archi in legno lamellare, progettato per garantire fluidità e trasparenza visiva che le neuroscienze associano alla riduzione dello stress e ad una maggiore facilità di orientamento.

La struttura primaria, completamente autonoma rispetto agli elementi che definiscono i piani interni, sostiene la copertura verde che sembra emergere direttamente dal terreno. L'edificio abbandona così le forme tradizionali per configurarsi come una collina che, oltre a stimolare la curiosità e il senso di esplorazione grazie alla sua geometria complessa, attiva i processi ristorativi della *Attention Restoration Theory* (ART).

Ogni scelta del progetto ARCO, dall'impianto urbano fino al dettaglio dell'arredo, è stata guidata dalle indicazioni della psicologia architettonica, creando un sistema unitario in cui la componente tecnica e quella percettiva si fondono attraverso i principi della progettazione biofilica. Questo approccio si traduce all'esterno con l'inserimento strategico di vegetazione caducifoglie che mitiga il microclima estivo del lotto e, lavorando in parallelo con i frangisole fissi della facciata, controlla i fenomeni di abbagliamento negli spazi interni. La natura entra a far parte dell'architettura, con il giardino centrale che è stato concepito come il fulcro dell'edificio; la sua costante visibilità da ogni ambiente agisce come strumento ristorativo in grado di stimolare la rigenerazione cognitiva e ridurre i livelli di stress. Questa continua presenza della natura si riscontra anche nella scelta dei dettagli interni: l'uso di materiali caldi e naturali, l'adozione di palette cromatiche dai toni tenui e l'integrazione diffusa di piante in vaso e stampe di frattali naturali cooperano attivamente per massimizzare il benessere psicofisico dell'utente.

ARCO dimostra che la complessità della progettazione integrata può e deve trovare il suo fine ultimo nei suoi fruitori, offrendo alla città di Cesano Maderno non solo un edificio, ma un luogo capace di generare coesione e benessere sociale e individuale.

BIBLIOGRAFIA

MONOGRAFIE

- Agnoli, A. (2009). *Le piazze del sapere: biblioteche e libertà*. Gius. Laterza & Figli.
- Barbiero, G., & Marchetti, C. (2021). *Biofilia e architettura. Uomo e natura, equilibri e cambiamento*.
- Baroni, M. R. (1998). *Psicologia ambientale*. Il Mulino.
- Bellini, E., Bocci, P., Fossati, R., & Spinelli, F. (1994). *Lo spazio terapeutico. Un metodo per il progetto di umanizzazione degli spazi ospedalieri*. Allinea Editrice.
- Biolchini, Elisa. *Indagine sul reparto di Oncologia Pediatrica dell'Istituto Giannina Gaslini di Genova*. Tesi di laurea magistrale, Politecnico di Torino, 2019
- Bitgood, S., Environmental psychology in museums, zoos, and other exhibition centers, in Bechtel, R. B., Churchman, A. (a cura di), *Handbook of environmental psychology*, John Wiley & Sons.
- Bonaiuto, M., Billotta, E., & Fornara, F. (2004). *Che cos'è la psicologia architettonica*. Carocci editore.
- Boullée, E. (2005). *Architettura: saggio sull'arte* (A. Ferlenga, A cura di; pp. 116–119). G. Einaudi.
- Brawne, M. (1970). *Biblioteche: architettura e ordinamento*. Edizioni di comunità.
- Browning, W. D., et al. (2023). *I 14 pattern della progettazione biofilica (Rapporto N. 8)*. Terrapin Bright Green LLC.
- Carpman, J., & Grant, M. (2002). *Wayfinding: A broad view*. In R. Bechtel & A. Churchman (Eds.), *Handbook of environmental psychology*. John Wiley & Sons.
- Cooper Marcus, C., & Barnes, M. (1995). *Gardens in healthcare facilities: Uses, therapeutic benefits, and design recommendations*. Center for Health Design.
- Costa, M. (2013). *Psicologia ambientale e architettonica. Come l'ambiente e l'architettura influenzano la mente e il comportamento*. Franco Angeli.
- De Angelis, A. (1998). *Progettazione e calcolo delle strutture in legno lamellare*. Dei Tipografia del genio civile.
- Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). *A literature review of the effects of natural light on building occupants*. National Renewable Energy Laboratory.
- Favretto, G., & Fiorentini, F. (1999). *Ergonomia della formazione*. Carocci.
- Gatchel, R. J., et al. (1989). *An introduction to health psychology*. Random House.
- Guerrini, M., & Crupi, G. (2007). *Biblioteconomia: Guida classificata (pp. 147–148)*. Editrice Bibliografica.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kellert, S. R., & Calabrese, E. F. (2015). *The practice of biophilic design*. Routledge.
- Kim, J., & de Dear, R. (2013). *Workspace satisfaction: The privacy-communication trade-off in open-plan offices*. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 18-26.
- Lucentini, E. (1919). *Il metodo Montessori e il metodo Fröbel per l'educazione dell'infanzia*. P. Maglione & C. Strini.
- Mahnke, F. (1996). *Color and the human response*. John Wiley & Sons.
- Montecchi, G., & Venuda, F. (2006). *Manuale di biblioteconomia (pp. 273–274)*. Editrice Bibliografica.
- Muscogiuri, M. (2004). *Architettura della biblioteca: linee guida di programmazione e progettazione*. Maggioli.
- Muscogiuri, M. (2009). *Biblioteche: architettura e progetto: scenari e strategie di progettazione*. Maggioli.

- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. Wiley.
- Piazza, M., Tomasi, R., & Modena, R. (2009). *Strutture in legno – Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee*. Ulrico Hoepli.
- Romanello, I. (2002). *Il colore espressione e funzione*. Hoepli.
- Schodek, D. L., & Bechthold, M. (2014). *Structures (7th ed.)*. Pearson.
- Seppänen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. H. (2006). *Effect of temperature on task performance in office environment*. HVAC&R Research, 12(4), 957-973.
- Sussman, A., & Hollander, J. B. (2021). *Cognitive architecture: Designing for how we respond to the built environment*. Routledge.
- Troncarelli, F. (1997). *La comunicazione scritta dall'età tardoantica al Medioevo*. In A. Bartoli Langeli & G. Pugliese Carratelli (A cura di), *La città e la parola scritta* (pp. 119–120). Scheiwiller Credito italiano.
- Ulrich, R. (1999). *Effects of gardens on health outcomes: Theory and research*. In C. Cooper Marcus & M. Barnes (Eds.), *Healing gardens*. John Wiley & Sons.
- Ulrich, R. S., & Gilpin, L. (2003). *Healing arts: Nutrition for the soul*. In S. B. Frampton, L. Gilpin, & P. A. Charmel (Eds.), *Putting patients first: Designing and practicing patient-centered care*. John Wiley & Sons.
- Vivarelli, M. (A cura di). (2013). *Lo spazio della biblioteca. Culture e pratiche del progetto tra architettura e biblioteconomia*. Editrice Bibliografica.
- Wölfflin, H. (2010). *Psicologia dell'architettura*. Fotoincisione Varesina.
- World Health Organization. (1984). *Indoor air pollutants: exposure and health effects*. WHO Regional Office for Europe.
- Zumtobel Lighting GmbH. (2017). *Manuale illuminotecnico pratico. Compatto ed esauriente (2nd ed.)*. Zumtobel.

ARTICOLI E PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

- Aalto, A. (1947). *Architettura e arte concreta*. Domus, (225), 107.
- Agustoni, A. (2019). *Una nuova biblioteca per Cesano Maderno: Progetto biblioteconomico*. Relazione tecnica non pubblicata, Comune di Cesano Maderno.
- Anjali, J. (2006). *The impact of light on outcomes in healthcare settings*. The Center for Health Design.
- A Oslo, apre la Deichman Bjorvika, un nuovo concept di biblioteca. (2020, 17 agosto). Exibart. <https://www.exibart.com/architettura/a-oslo-apre-la-deichman-bjorvika-un-nuovo-concept-di-biblioteca/>
- Banaei, M., Hatami, J., Yazdanfar, A., & Gramann, K. (2017). *Application of electroencephalography (EEG) in intentional architecture: Form perception and emotional responses*. Frontiers in Architectural Research, 6(4).
- Berto, R. (2020). *Nuove prospettive nella preferenza ambientale: l'aspetto ristorativo dei luoghi*. In M. R. Baroni & S. Falchero (A cura di), *Psicologia ambientale e dintorni*. CLEUP.
- Broletti, A. (2015). *L'allestimento dello spazio della biblioteca*. Biblioteche oggi, 33(3), 13.
- Brown, G., & Gifford, R. (2001). *Architects predict lay evaluations of large contemporary buildings: Whose conceptual properties?*. Journal of Environmental Psychology, 21(1).
- Brown, K. K., & Gallant, D. (2006). *Impacting patient outcomes through design*. Critical Care Nursing Quarterly, 29(4), 326–341.
- Cavalli, N. (2017). *La biblioteca come luogo terzo: con un contributo sugli Idea Store londinesi*. Biblioteche oggi Trends, 3(2), 44–45.
- Coello, Y., & Cartaud, A. (2020). *The interrelation between peripersonal action space and interpersonal social space: Psychophysiological evidence and clinical implications*.

- Cohen, S., & Weinstein, N. (1981). *Nonauditory effects of noise on behaviour and health*. Journal of Social Issues, 37.
- Colman, R. S., Frankel, F., Ritvo, E., & Freeman, B. J. (1976). *The effects of fluorescent and incandescent illumination upon repetitive behaviors in autistic children*. Journal of Autism and Child Schizophrenia, 6.
- Commissione biblioteche pubbliche. (2017). *Le biblioteche pubbliche in Italia: verso un nuovo documento programmatico*. AIB studi, 57, 413–417. <https://doi.org/10.2426/aibstudi-11749>
- De Croon, E., Sluiter, J., Kuijer, P. P., & Frings-Dresen, M. (2005). *The effect of office concepts on worker health and performance: A systematic review of the literature*. Ergonomics, 48(2), 119–134.
- Del Nord, R., & Pedretti, G. (2012). *L'umanizzazione degli spazi di cura – Linee guida*. Ministero della Salute.
- Di Domenico, G. (2013). *Conoscenza, cittadinanza, sviluppo: appunti sulla biblioteca pubblica come servizio sociale*. AIB studi, 53, 13–25.
- Dumoulin, A. (2019). BIB, 19, 5–7. <https://www.lesbalises.fr/iguana/uploads/file/Revue%20Dunkerque/BIB19.pdf>
- Earthman, G. I. (2004). *Prioritization of 31 criteria for school building adequacy*. http://www.schoolfunding.info/policy/facilities/ACLUfacilities_report1-04.pdf
- Evans, G. W. (2003). *The built environment and mental health*. Journal of Urban Health, 80(4).
- Fehrman, K. R. (1987). *The effects of interior pigment color on school task performance mediated by arousal*. Dissertation Abstracts International, 48(4-A), 819.
- Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C. M., Gonzales, K., & Rea, M. S. (2017). *The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers*. Sleep Health, 3(3).
- Flynn, J. E., et al. (1973). *A interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior*. Journal of the Illuminating Engineering Society, 3(1).
- Gage, F. H. (2003, 10 maggio). *Discorso di apertura*. AIA National Convention, San Diego, CA, Stati Uniti.
- Galluzzi, A. (2011). *Gli Idea Store dieci anni dopo*. Biblioteche oggi, 29(8), 15.
- Galluzzi, A. (2019). *Il cortocircuito della biblioteca pubblica*. Bibliothecae.e-journal, 8, 183–212.
- Galluzzi, A., & Salarelli, A. (2018). *Dialogando sui modelli*. Biblioteche oggi Trends, 4.
- Guerrini, M. (2017). *Le biblioteche nella cultura europea contemporanea*. Biblioteche oggi Trends, 3.
- Haavisto, T. (2020). *Helsinki City Library, a cornucopia of urban culture and learning*. Monograph, 75–76.
- Heschong Mahone Group. (2003). *Windows and classrooms: A study of student performance and the indoor environment*. California Energy Commission.
- Higuera-Trujillo, J. L., Llinares, C., & Macagno, E. (2021). *The cognitive-emotional design and study of architectural space: A scoping review of neuroarchitecture*. Frontiers in International Case Studies.
- International Federation of Library Associations and Institutions. (2018, 25 settembre). *Esempi, educatrici, facilitatrici: biblioteche e sostenibilità. Come le biblioteche contribuiscono alla sostenibilità*. <https://repository.ifla.org/server/api/core/bitstreams/72b4de65-243d-433a-956b-553c8f88d691/content>
- Iorio, V. (2015). *La biblioteca: una storia mondiale*. Biblioteche oggi, 33, 5–11.
- Jahncke, H., et al. (2011). *Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration*. Journal of Environmental Psychology, 31(4).
- Kaplan, R. (1993). *The role of nature in the context of the workplace*. Landscape and Urban Planning, 26(1–4), 193–201. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(93\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(93)90016-7)
- Kranzbühler, R., et al. (2021). *The geometry of courtroom and boardroom furniture: How round tables mitigate social anxiety and hierarchy tracking in the human brain*. Frontiers in Psychology, 12.

- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., & Tonello, G. (2006). *The impact of light and colour on psychological mood: A cross-cultural study of indoor work environments*. *Ergonomics*, 49(14).
- Mayers-Levy, J., & Zhu, R. J. (2007). *The influence of ceiling height: The effect of priming on the type of processing that people use*.
- Mayron, L. W., Ott, J., Nations, R., & Mayron, E. L. (1974). *Light, radiation, and academic behavior: Initial studies on the effects of full-spectrum lighting and radiation shielding on behavior and academic performance of school children*. *Academic Therapy*, 10.
- Montepeloso, R., & Paiano, T. (2021). *Ruolo e valore sociale di una biblioteca pubblica: Il caso di Senigallia*. *Biblioteche oggi Trends*, 7, 12–25.
- Muscogiuri, M. (2016). *Disegnare il futuro: verso l'open library*. *Biblioteche oggi*, 34(8).
- Muscogiuri, M. (2020). *Dopo la pandemia: progettare gli spazi delle biblioteche che verranno*. *Biblioteche oggi Trends*.
- Muscogiuri, M. (2021a). *Biblioteche. Spazi pubblici per la città*. *Le carré bleu*, 3.
- Muscogiuri, M. (2021b). *Deichman Bjørvika*. *Arketipo*, 148, 65.
- Muscogiuri, M. (2023a). *Essere biblioteca, fare biblioteche*. *Biblioteche oggi*, 41(7), 36.
- Muscogiuri, M. (2023b). *La LocHal di Tilburg: Il "living room" della città*. *Biblioteche oggi*, 41(8).
- Muscogiuri, M. (2023c). *Una "Casa de lectura" per la comunità locale*. *Biblioteche oggi*, 41(8).
- Muscogiuri, M. (2024). *Un forum per guardare al futuro senza paura*. *Biblioteche oggi*, 42(2).
- Pitman, K., & Saint John, J. (2017). *La biblioteca come luogo terzo: con un contributo sugli Idea Store londinesi*. *Biblioteche oggi*, 3(2), 46.
- Redlich, C. A., Sparer, J., & Cullen, M. R. (1997). *Sick-building syndrome*. *The Lancet*, 349(9057), 1013–1016.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Raffaello Cortina Editore.
- Rosenstein, L. D. (1985). *Effect of color of the environment on task performance and mood of males and females with high or low scores on the Scholastic Aptitude Test*. *Perceptual and Motor Skills*, 60, 550.
- Souza, R. A., & Pezzini, C. (2021). *Neuroarquitetura: design biofilico aplicado ao espaço construído e o impacto no aspecto mental e físico do indivíduo*. *Revista Thema et Scientia*.
- Spence, C. (2020a). *Senses of place: Architectural design for the multisensory mind*. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(1).
- Spence, C. (2020b). *The multisensory handbook of spatial attention*. Oxford University Press.
- Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). *Effects of color on emotions*. *Journal of Experimental Psychology*, 123(4).
- Valenza, L. (2020). *La biblioteca del benessere*. *Biblioteche oggi Trends*, 6.
- Van der Glind, I. (2007). *Do patients in hospital benefit from single rooms? A literature review*. *Health Policy*, 84, 153–161.
- Veitch, J. A., Hine, D. W., & Gifford, R. (1993). *End users' knowledge, beliefs, and preferences for lighting*. *Journal of Interior Design*, 19(2).
- Vivarelli, M. (2013). *Lo spazio della biblioteca: una introduzione bibliografica*. *Biblioteche oggi*, 31, 5–15.
- Volumi a sbalzo e poligoni di luce nella biblioteca pubblica di Oslo. (2020, 8 ottobre). *Domus*. <https://www.domusweb.it/it/architettura/gallery/2020/10/07/volumi-a-sbalzo-e-poligoni-di-luce-nella-biblioteca-pubblica-di-oslo-.html>
- Wurtman, R. J. (1975). *The effects of light on the human body*. *Scientific American*, 233(1), 68–77.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). *Abrupt visual onsets and the initiation of attentional capture*. *Journal of Experimental*

Psychology: Human Perception and Performance, 10(5).

Zhong, W., Schroder, T., & Bekkering, J. (2021). *Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review*. Higher Education Press.

Zifferblatt, S. M. (1972). *Architecture and human behaviour: Toward increased understanding of a functional relationship*. Educational Technology, 12.

TEORIE E INDICI DI RIFERIMENTO

Kaplan, S., *Attention Restoration Theory* (ART)

Climate Adept, Thermal Comfort Indices – Universal Thermal Climate Index (UTCI), 1979-2020

NORMATIVE

D.P.R. 412/93 – *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici*

DIN 1052:2004 – *Normativa tedesca per le strutture in legno*

Eurocodice 5 (EN 1995:2004) – *Progettazione delle strutture di legno*

UNI EN 858-2 – *Separatori di liquidi leggeri. Scelta, installazione, esercizio e manutenzione*

UNI EN 12056-3:2001 – *Sistemi di scarico a gravità all'interno degli edifici. Tetti, canali di gronda e pluviali*

UNI EN 12845 – *Installazioni fisse antincendio. Sistemi automatici a sprinkler*

UNI EN 12464-1 – *Illuminazione dei luoghi di lavoro*

UNI 10339 – *Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti*

UNI 10349 – *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici*

UNI 10779 – *Impianti di estinzione incendi. Reti di idranti. Progettazione, installazione ed esercizio*

UNI 11445:2012 – *Impianti di raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi non potabili*

N.I.CO.LE. – *Norme Tecniche Italiane per la progettazione, esecuzione e collaudo delle Costruzioni di Legno*

R.R. 7/2007 – *Regolamento Regionale lombardo per la gestione dell'invarianza idraulica*

D.M. 3 agosto 2015 – *Codice di Prevenzione Incendi, Allegato I (edizione in vigore dal 1° gennaio 2023)*, capp. G.2.5, G.3, S.1.1, S.2.1, S.2.9, S.4, S.4.5.11, S.6.4, S.6.5, S.7.1

NTC 2018 – *Norme Tecniche per le Costruzioni, Gazzetta Ufficiale, gennaio 2018* (capp. 2.4, 2.5.1.3, 2.5.3, 3.4, 4.4, 4.4.7, 4.4.8.1.6, 4.4.8.1.7, 4.4.8.1.9)

Circolare 21 gennaio 2019 – *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*

UNI 11175-1:2024 – *Acustica in edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Parte 1 e Parte 2*

D.M. 26 giugno 2015 - *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*

UNI EN ISO 6946:2018 - *Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo*

UNI EN ISO 13788:2013 – *Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo*

SITOGRAFIA

<https://www.agenziainnova21.org> — ultima consultazione: dicembre 2024

<https://www.istat.it> — ultima consultazione: dicembre 2024

<https://afolmonzabrianza.it/servizi-al-lavoro> — ultima consultazione: dicembre 2024

Piano di Governo del Territorio di Cesano Maderno — <https://www.comune.cesano-maderno.mb.it> — ultima consultazione: dicembre 2024

<https://www.ifla.org> — ultima consultazione: marzo 2025

<https://www.archdaily.com/907675/oodi-helsinki-central-library-ala-architects> — ultima consultazione: marzo 2025

<https://www.archdaily.com/926820/la-bib-of-dunkerque-library-dhoundt-plus-bajart-architects-and-associates> — ultima consultazione: marzo 2025

<https://www.exibart.com/architettura/a-oslo-apre-la-deichman-bjorvika-un-nuovo-concept-di-biblioteca/> — ultima consultazione: marzo 2025

<https://www.archdaily.com/909540/lochal-library-mecanoo-plus-civic-architects-plus-braaksma-and-roos-architectenbureau> — ultima consultazione: marzo 2025

<https://www.archdaily.com/913400/the-royal-library-shl> — ultima consultazione: marzo 2025

Divisare, schmidt hammer lassen architects, Dokk1, 23 giugno 2015 — <https://divisare.com>

Archdaily, Mediateca a Thionville / Dominique Coulon & associés, 6 febbraio 2017 — <https://www.archdaily.com>

Archdaily, Bibliothèque Alexis de Tocqueville / OMA + Barcode Architects, 18 gennaio 2017 — <https://www.archdaily.com>

Divisare, OMA, Clement Blanchet Architecture, Barcode Architects, Bibliothèque Alexis de Tocqueville, 7 marzo 2017 — <https://divisare.com>

Architizer, Oma's Bibliothèque Alexis de Tocqueville Is the Perfect Library for the Digital Age, 22 giugno 2018 — <https://architizer.com>

<https://www.meteoblue.com> — ultima consultazione: gennaio 2026

<https://www.azuwater.it/dissabbiatore-sand-s/trattamento-acque-dilavamento/dissabbiatore/> — Vasca di dissabbiatura SAND S 100/200 (AZU Water) — ultima consultazione: maggio 2026

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/thermal-comfort-indices-universal-thermal-climate-index-1979-2019> — ultima consultazione: marzo 2026

<https://www.alvaraalto.fi/en/architecture/paimio-sanatorium/> - ultima consultazione: dicembre 2025

<https://www.archdaily.com/941540/maggies-leeds-centre-heatherwick-studio> - ultima consultazione: dicembre 2025

OBR Studio & Policreo studio, Ospedale dei bambini P. Barilla, Parma, 2013. Dettaglio del rivestimento di facciata. © Policreo studio, <http://www.policreo.it/casi-studio/show/nuovo-ospedale-dei-bambini-di-parma>

<https://www.pradagroup.com/it/perspectives/stories/sezione-luoghi/valvigna.html> - ultima consultazione: dicembre 2025

<https://www.degwi.it/progetti/microsoft-house> - ultima consultazione: dicembre 2025

<https://leprieure1840.com/> - ultima consultazione marzo 2026

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/thermal-comfort-indices-universal-thermal-climate-index-1979-2019> - ultima consultazione aprile 2026

<https://www.neurowebcopywriting.com/introduzione-neurodesign/#principi> — ultima consultazione aprile 2026

INDICE DELLE FIGURE

1. LA BIBLIOTECA

Fig. 1.1.	Raffigurazione della biblioteca di Alessandria © Otto Von Corvins.....	01
Fig. 1.2.	Pianta della Biblioteca Bodleiana dell'università di Oxford	02
Fig. 1.3.	Rappresentazione della biblioteca di Sainte-Geneviève di Parigi	03
Fig. 1.4.	Rappresentazione della British Museum Library di Londra datata 9 maggio 1857	04
Fig. 1.5.	Pianta del piano terra della New York Public Library © Library of Congress	05
Fig. 1.6.	Pianta del piano terra della Boston Public Library © Library of Congress.....	05
Fig. 1.7.	Spazi di incontro, socializzazione e studio alla Oodi Helsinki Central Library © Tuomas Uusheimo ..	06
Fig. 1.8.	Spazi open-space informali a libero utilizzo dell'utenza alla Seattle Central Library di OMA © Philippe Ruault.....	08
Fig. 1.9.	Spazi urbani di aggregazione per la comunità alla Dokk1 di Aarhus, Danimarca © Adam Mørk	09
Fig. 1.10.	Spazio interno dell'area bambini della Bibliothèque Alexis de Tocqueville a Caen. Si possono notare gli scaffali su ruote e gli arredi flessibili per adattarsi a tutte le esigenze © Philippe Ruault	13

2. CASI STUDIO

Fig. 2.1.	Vista dell'ingresso © Adjaye Associates.....	19
Fig. 2.2.	Vista esterna © Adjaye Associates	19
Fig. 2.3.	Vista interna della sala lettura © Terri Meyer Boake.....	20
Fig. 2.4.	Vista interna dell'atrio di ingresso dell'Idea Store Chrisp Street © Terri Meyer Boake.....	20
Fig. 2.5.	Pianta piano terra.....	21
Fig. 2.6.	Pianta primo piano	21
Fig. 2.7.	Pianta secondo piano	21
Fig. 2.8.	Pianta terzo piano.....	21
Fig. 2.9.	Vista interna sul "Giardino di inverno" nel settore a scaffale aperto al terzo piano © Jesús Granada.....	23
Fig. 2.10.	Vista esterna da Carrera del Treball © Jesús Granada	23
Fig. 2.11.	Vista sulle zone studio e lettura © Jesús Granada	24
Fig. 2.12.	Vista delle scale di ingresso che, talvolta, fungono da sedute per la popolazione © Jesús Granada	24
Fig. 2.13.	Vista interna dell'area bambini © Jesús Granada	24
Fig. 2.14.	Pianta piano interrato.....	25
Fig. 2.15.	Pianta piano terra rialzato	25
Fig. 2.16.	Pianta primo piano	25
Fig. 2.17.	Pianta secondo piano	25
Fig. 2.18.	Pianta terzo piano.....	25
Fig. 2.19.	Vista interna in cui si notano i layout aperti degli spazi © Adam Mørk	27
Fig. 2.20.	Vista esterna della biblioteca © Adam Mørk.....	27
Fig. 2.21.	Vista della scala monumentale © Jesús Granada	28
Fig. 2.22.	Vista interna della Media Ramp © Adam Mørk	28
Fig. 2.23.	Pianta piano terra.....	29
Fig. 2.24.	Pianta primo piano	29
Fig. 2.25.	Pianta secondo piano	29
Fig. 2.26.	Pianta terzo piano.....	29
Fig. 2.27.	Vista interna della zona bambini al secondo piano © Tuomas Uusheimo	31
Fig. 2.28.	Vista esterna © Tuomas Uusheimo	31
Fig. 2.29.	Vista esterna della terrazza panoramica sulla città con caffetteria © Tuomas Uusheimo	32
Fig. 2.30.	Vista interna dell'atrio di ingresso con funzioni pubbliche aperte a tutti © Tuomas Uusheimo	32
Fig. 2.31.	Pianta piano terra.....	33
Fig. 2.32.	Pianta primo piano	33
Fig. 2.33.	Pianta secondo piano	33
Fig. 2.34.	Vista interna dell'area bambini © Eugeni Pons.....	35
Fig. 2.35.	Vista esterna © Eugeni Pons.....	35
Fig. 2.36.	Vista interna della zona lettura © Eugeni Pons.....	36
Fig. 2.37.	Distribuzione funzionale.....	36
Fig. 2.38.	Vista esterna del patio © Eugeni Pons	36
Fig. 2.39.	Pianta coperture	37

Fig. 2.40. Pianta piano terra.....	37
Fig. 2.41. Vista interna della scalinata con le sedute per lo studio e la socializzazione © Luc Boegly, Sergio Grazia	39
Fig. 2.42. Vista esterna © Philippe Ruault	39
Fig. 2.43. Dettaglio delle scaffalature basse e dotate di ruote per diverse configurazioni © BCI Library Furniture.....	40
Fig. 2.44. Sala lettura open space al primo piano © Delfino Sisto Legnani, Marco Cappelletti	40
Fig. 2.45. Pianta piano terra.....	41
Fig. 2.46. Pianta primo piano	41
Fig. 2.47. Pianta secondo piano	41
Fig. 2.48. Vista interna del banco bibliotecario e delle sale © Petri Neuvonen	43
Fig. 2.49. Vista esterna © Petri Neuvonen	43
Fig. 2.50. Vista interna dell'atrio di ingresso durante un sopralluogo dei committenti del restauro della biblioteca dopo i danni causati dalla guerra © Petri Neuvonen	44
Fig. 2.51. Vista interna delle scaffalature continue senza finestre, soluzione possibile grazie ai numerosi lucernari circolari © Ninaraas	44
Fig. 2.52. Vista interna dell'auditorium in cui si può notare il soffitto ondulato in legno per migliorare l'acustica della stanza © Ninaraas.....	44
Fig. 2.53. Pianta piano terra.....	45
Fig. 2.54. Pianta piano rialzato.....	45
Fig. 2.55. Pianta primo piano	45
Fig. 2.56. Vista interna dei cavedi e dei piani aggettanti © Einar Aslaksen.....	47
Fig. 2.57. Vista della Deichman Bjørvika dal fiordo di Oslo © Einar Aslaksen.....	47
Fig. 2.58. Vista interna delle torri di libri riconoscibili tramite il colore nero delle scaffalature e delle pareti © Einar Aslaksen.....	48
Fig. 2.59. Vista interna in cui si nota l'ingresso di luce lattiginosa tramite i vetri opachi dei piani superiori © Einar Aslaksen	48
Fig. 2.60. Vista interna dall'ultimo piano aggettato © Einar Aslaksen.....	48
Fig. 2.61. Pianta piano terra.....	49
Fig. 2.62. Pianta primo piano	49
Fig. 2.63. Pianta quarto piano.....	49
Fig. 2.64. Vista interna sull'area dei gradoni di collegamento tra i piani © Maxime Delvaux	51
Fig. 2.65. Vista esterna © Maxime Delvaux	51
Fig. 2.66. Il rapporto tra l'ampia gradinata e i piani con scaffalature e postazioni per lo studio © Maxime Delvaux	52
Fig. 2.67. Sedute di forme organiche create all'interno della muratura © Maxime Delvaux	52
Fig. 2.68. Vista interna sulle postazioni aperte per la lettura e lo studio © Maxime Delvaux	52
Fig. 2.69. Pianta piano terra.....	53
Fig. 2.70. Pianta primo piano	53
Fig. 2.71. Vista interna sulla piazza coperta all'ingresso © Ossip Architectuurfotografie.....	55
Fig. 2.72. Vista esterna © Stijn Bollaert	55
Fig. 2.73. Pareti divisorie mobili in tessuto per isolare gli spazi di conversazione e di conferenze © Ossip Architectuurfotografie.....	56
Fig. 2.74. WoordLab: luogo di incontri letterari © Ossip Architectuurfotografie	56
Fig. 2.75. Area 0-12 anni: gli scaffali sono sostituiti da enormi matite colorate e righelli a creare un ambiente fiabesco © Ossip Architectuurfotografie	56
Fig. 2.76. Pianta piano terra.....	57
Fig. 2.77. Pianta primo piano	57
Fig. 2.78. Pianta secondo piano	57

3. PSICOLOGIA ARCHITETTONICA

Fig. 3.1. Rete semantica con i temi emersi sugli attuali trend di Psicologia Ambientale - Estratto della tavola "Psicologia architettonica Introduzione" - Rif. tav. 4	61
Fig. 3.2. 14 pattern della progettazione biofilica © Terrapin Bright Green LLC 2014 (2023)	68
Fig. 3.3. La prossemica: il modello di Edward Hall - Estratto della tavola "Psicologia architettonica Introduzione" - Rif. tav. 4	70
Fig. 3.4. Ciclo circadiano e temperatura della luce - Estratto della tavola "Psicologia architettonica Temi principali" - Rif. tav. 5	72
Fig. 3.5. Vista sul giardino dell'ospedale di Bolzano.....	76

Fig. 3.6.	Meggi's center Oldham © Alex de Rijke	78
Fig. 3.7.	Esempio di organizzazione di spazi per uffici open space con paratie e cabine acustiche	83
Fig. 3.8.	Raffigurazione della Scuola Montessori 1932 a Barcellona.....	84
Fig. 3.9.	Esempio di elementi grafici per l'orientamento e il wayfinding all'interno di spazi museali.....	89
Fig. 3.10.	Laboratorio didattico al museo Gypsotheca Antonio Canova	89

4. CASI STUDIO

Fig. 4.1.	Terrazza in copertura © Gustaf Welin, Alvar Aalto Foundation	91
Fig. 4.2.	Hall di ingresso © Alvar Aalto Foundation	91
Fig. 4.3.	Ingresso © Hufton_Crow.....	93
Fig. 4.4.	Area di soste informale © Hufton Crow	93
Fig. 4.5.	Area ristoro informale © Hufton Crow.....	94
Fig. 4.6.	Pianta piano terra.....	95
Fig. 4.7.	Pianta primo piano	95
Fig. 4.8.	Copertura	95
Fig. 4.9.	Vista prospetto frontale © Policreo.....	97
Fig. 4.10.	Hall d'ingresso © Policreo.....	97
Fig. 4.11.	Corridoio interno con verde © Policreo	98
Fig. 4.12.	Ambulatorio © Policreo	98
Fig. 4.13.	Pianta piano terra © Policreo	98
Fig. 4.14.	Prospetti principali © Policreo.....	98
Fig. 4.15.	Vista prospettica del portico © Alessandro Ciampi.....	101
Fig. 4.16.	Vista corte interna © Prada Group	101
Fig. 4.17.	Vista esterna del volume dell'edificio © Lombardini22	103
Fig. 4.18.	Vista della sala coworking all'ultimo piano © Lombardini22	103
Fig. 4.19.	Vista esterna © Comune di Reggio Emilia.....	105
Fig. 4.20.	Vista giardino circostante © Comune di Reggio Emilia	105
Fig. 4.21.	Vista interna © Moreno Maggi	107
Fig. 4.22.	Vista interna © Moreno Maggi.....	107
Fig. 4.23.	Vista interna © Giuseppe Moscato	109
Fig. 4.24.	Vista interna © Giuseppe Moscato	109

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Fig. 5.1.	Schema dei collegamenti e delle province confinanti	113
Fig. 5.2.	Immagine storica del tracciato ferroviaria comunale.....	114
Fig. 5.3.	Estratto della tavola "Analisi della mobilità" - Rif. tav. 12.....	115
Fig. 5.4.	Distribuzione d'età della popolazione - Estratto della tavola "Analisi del comune di Cesano Maderno" - Rif. tav. 9.....	116
Fig. 5.5.	Distribuzione della popolazione straniera - Estratto della tavola "Analisi del comune di Cesano Maderno" - Rif. tav. 9.....	116
Fig. 5.6.	SWOT grafica - Estratto della tavola "SWOT" - Rif. tav. 14	117
Fig. 5.7.	Analisi SWOT - Estratto della tavola "SWOT" - Rif. tav. 13.....	117
Fig. 5.8.	Estratto della tavola "Mappa limiti e criticità" - Rif. tav. 15.....	120
Fig. 5.9.	Estratto della tavola "Mappa risorse" - Rif. tav. 16.....	121
Fig. 5.10.	Individuazione degli stakeholders	122
Fig. 5.11.	Matrice influenza - interesse per la manifestazione di interesse	123
Fig. 5.12.	Matrice influenza - interesse per la fattibilità	123
Fig. 5.13.	Matrice influenza - interesse per il concorso	124
Fig. 5.14.	Matrice influenza - interesse per la panificazione	124
Fig. 5.15.	Matrice influenza - interesse per la fase di esecuzione	125
Fig. 5.16.	Matrice influenza - interesse per la fase di chiusura	125
Fig. 5.17.	Matrice influenza - interesse per la fase di esercizio.....	126
Fig. 5.18.	Estratto della tavola "Concept map" - Rif. tav. 18	128

6. IL PROGETTO ARCHITETTONICO

Fig. 6.1.	Estratto della tavola "Concept" - Rif. tav. 20	134
Fig. 6.2.	Estratto della tavola "Planivolumetrico" - Rif. tav. 21.....	136
Fig. 6.3.	Estratto della tavola "Distribuzione funzionale" - Rif. tav. 22	139

Fig. 6.4.	Estratto della tavola "Pianta piano terra" - Rif. tav. 24.....	140
Fig. 6.5.	Estratto della tavola "Pianta piano primo" - Rif. tav. 25.....	144
Fig. 6.6.	Sezione est-ovest - Estratto della tavola "Sezione" - Rif. tav. 31	146
Fig. 6.7.	Estratto della tavola "Prospetto sud" - Rif. tav. 27	148
Fig. 6.8.	Vista esterna notturna del fronte nord	152
Fig. 6.9.	Schema di genesi degli archi - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 33.....	152
Fig. 6.10.	Schema degli arcarecci - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 33	152
Fig. 6.11.	Schema degli elementi di frangisole - Estratto della tavola "Algoritmi di modellazione" - Rif. tav. 34.....	153
Fig. 6.12.	Vista interna sull'ingresso	154

7. PROGETTO STRUTTURALE

Fig. 7.1.	Esploso strutturale - Estratto della tavola "Introduzione strutturale" - Rif. tav. 36.....	158
Fig. 7.2.	Combinazione delle azioni - Estratto da NTC 2018, Cap. 2.5.3., p. 39	162
Fig. 7.3.	Schema di carico dell'elemento arcareccio.....	164
Fig. 7.4.	Dettaglio strutturale dell'aggancio tra struttura primaria e secondaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43.....	169
Fig. 7.5.	Schema di carico dell'elemento arco.....	172
Fig. 7.6.	Diagramma dell'azione assiale sull'arco	173
Fig. 7.7.	Diagramma del taglio sull'arco.....	173
Fig. 7.8.	Diagramma del momento sull'arco.....	173
Fig. 7.9.	Diagramma della deformata dell'arco	173
Fig. 7.10.	Dettaglio strutturale dell'attacco a terra della struttura primaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43.....	175
Fig. 7.11.	Dettaglio strutturale della cerniera centrale della struttura primaria - Estratto della tavola "Nodi strutturali" - Rif. tav. 43.....	175
Fig. 7.12.	Tabella per il predimensionamento delle solette in calcestruzzo armato - Estratto da: Schodek, D. L., & Bechthold, M. (2014). <i>Structures</i> . p. 495	177
Fig. 7.13.	Pianta strutturale della copertura - Estratto della tavola "Pianta della copertura" - Rif. tav. 42	178
Fig. 7.14.	Abaco delle strutture - Estratto della tavola "Pianta della copertura" - Rif. tav. 42.....	179
Fig. 7.15.	Vista sul giardino interno.....	180

8. PROGETTO TECNOLOGICO

Fig. 8.1.	Estratto della tavola "Disarticolazione tecnologica" - Rif. tav. 46.....	184
Fig. 8.2.	CO 01 Chiusura controterra non isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 47.....	186
Fig. 8.3.	CO 02 Chiusura controterra isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 47.....	186
Fig. 8.4.	PO 01 Partizione orizzontale isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 51	187
Fig. 8.5.	CO 04 Copertura verde 3D - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 50.....	189
Fig. 8.6.	PO 02 Copertura auditorium - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 51	190
Fig. 8.7.	PO 05 Pavimentazione esterna drenante - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 53.....	191
Fig. 8.8.	CV 03 Chiusura verticale perimetro esterno - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 54.....	192
Fig. 8.9.	CV 04 Chiusura verticale perimetro interno - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" - Rif. tav. 55.....	192
Fig. 8.10.	PV 02 - PV 03 Partizione verticale acusticamente isolata - Estratto della tavola "Pacchetti tecnologici" Rif. tav. 56.....	193
Fig. 8.11.	Estratto della tavola "Blow up Braccio a terra" - Rif. tav. 67	194
Fig. 8.12.	Estratto della tavola "Blow up Giardino interno" - Rif. tav. 68.....	196
Fig. 8.13.	NV 01 Attacco a terra arco in legno lamellare - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 59.....	200
Fig. 8.14.	NV 02 Cerniera in mezzera arco in legno lamellare - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 60.....	202
Fig. 8.15.	NV 03 Lucernario - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 61	204
Fig. 8.16.	NV 04 Canale di gronda - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 62	206
Fig. 8.17.	NV 05 Attacco superiore facciata continua - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 63.....	208
Fig. 8.18.	NV 06 Attacco inferiore facciata continua - Estratto della tavola "Dettagli costruttivi" - Rif. tav. 64.....	210
Fig. 8.19.	NV 03 Lucernario - Estratto della tavola "Analisi ponti termici" - Rif. tav. 65	213

Fig. 8.20. NV 06 Attacco inferiore facciata continua - Estratto della tavola "Analisi ponti termici" - Rif. tav. 66	213
Fig. 8.21. Vista dal sovrappasso ciclopeditonale	214

9. ANALISI CLIMATICHE

Fig. 9.1. Diagramma solare - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70	217
Fig. 9.2. Rosa dei venti - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70	217
Fig. 9.3. Temperature medie e precipitazioni - Estratto della tavola "Caratterizzazione ambientale del sito" - Rif. tav. 70	217
Fig. 9.4. Suddivisione in zone, estratto della tavola "Comfort esterno Risultati" - Rif. tav. 72	218
Fig. 9.5. Comfort estivo, periodo rappresentativo 13-19 Luglio	221
Fig. 9.6. Comfort estivo, periodo più caldo 6-12 Luglio	221
Fig. 9.7. Vista esterna dalla ciclopeditonale a ovest	222

10. PROGETTO IMPIANTISTICO

Fig. 10.1. Estratto dalla tavola "Schematic Design Stagione estiva" - Rif. tav. 76	226
Fig. 10.2. Estratto dalla tavola "Schematic Design Stagione invernale" - Rif. tav. 78	227
Fig. 10.3. Pianta piano terra - Estratto dalla tavola "Sistema di aerazione" - Rif. tav. 80	227
Fig. 10.4. Pianta piano secondo - Estratto dalla tavola "Sistema di aerazione" - Rif. tav. 80	227
Fig. 10.5. Suddivisione delle aree di raccolta - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acque" - Rif. tav. 79	231
Fig. 10.6. Sistema di gronde e pluviali - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acque" - Rif. tav. 79	231
Fig. 10.7. Parametri di riferimento in base alla geometria della gronda	232
Fig. 10.8. Grafico per la determinazione del Coefficiente di altezza F_d	232
Fig. 10.9. Grafico per la determinazione del Coefficiente di forma F_s	232
Fig. 10.10. Pianta piano interrato - Estratto dalla tavola "Raccolta delle acque" - Rif. tav. 79	234
Fig. 10.11. Verifica delle dimensioni di gronda e pluviali	235
Fig. 10.12. Pianta piano interrato - Estratto dalla tavola "Protezione antincendio Pianta piano terra" - Rif. tav. 82	245
Fig. 10.13. Vista esterna sull'ingresso	246

11. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Fig. 11.1. Schema della fasi del processo di analisi e illuminamento incidente al piano terra nel mese di Giugno ore 12.00 - Estratto dalla tavola "Fasi di analisi" e "Confronto tra fasi" - Rif. tav. 87-88	254
Fig. 11.2. Analisi illuminotecnica 21 giugno, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 91	257
Fig. 11.3. Analisi illuminotecnica 21 dicembre, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 90	257
Fig. 11.4. Analisi illuminotecnica 21 marzo, ore 12 - Estratto dalla tavola "Analisi illuminamento" - Rif. tav. 93	257
Fig. 11.5. Vista interna piano terra	258

12. CONFIGURAZIONE DEGLI INTERNI

Fig. 12.1. Prospetto interno dell'aula studio	267
Fig. 12.2. Vista interna aula studio	269
Fig. 12.3. Prospetto interno della sala coworking	271
Fig. 12.4. Vista interna sala coworking	273

INDICE DELLE TABELLE

7. PROGETTO STRUTTURALE

Tab. 7.1. Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.4.I., p. 36	158
Tab. 7.2. Calcolo del carico totale stratigrafia tetto verde.....	160
Tab. 7.3. Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.1.II., pp. 43-44.....	161
Tab. 7.4. Valori di CE per diverse classi di esposizione - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.1.I., p. 43	161
Tab. 7.5. Valori del coefficiente di forma - Estratto da NTC 2018, Tab. 3.4.II., p. 58.....	162
Tab. 7.6. Valori dei coefficienti di combinazione - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.5.I., p. 70.....	163
Tab. 7.7. Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU - Estratto da NTC 2018, Tab. 2.5.I., p. 70.....	163
Tab. 7.8. Classi di durata del carico - Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.I., p. 133.....	165
Tab. 7.9. Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno - Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.IV., p. 134	166
Tab. 7.10. Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno - Estratto da NTC 2018, Tab. 4.4.V., p. 135.....	166
Tab. 7.11. Esempio di dimensionamento di un arcareccio tipo	171
Tab. 7.12. Esempio di dimensionamento di arco a tre cerniere	177

8. PROGETTO TECNOLOGICO

Tab. 8.1. Tabella riassuntiva di verifica dei ponti termici.....	212
--	-----

9. ANALISI CLIMATICHE

Tab. 9.1. Analisi della vegetazione di progetto	220
---	-----

10. PROGETTO IMPIANTISTICO

Tab. 10.1. Dati climatici Cesano Maderno.....	228
Tab. 10.2. Trasmittanze degli elementi di progetto	228
Tab. 10.3. Carichi termici totali - invernali.....	229
Tab. 10.4. Calore sensibile e latente in base all'attività - Estratto da: Appendice A, UNI 10339.....	230
Tab. 10.5. Carichi termici totali estivi.....	230
Tab. 10.6. Tabella di dimensionamento dei canali di gronda.....	232
Tab. 10.7. Quantità di fango prevista - Norma UNI 858-2 - 2004.....	233
Tab. 10.8. Dimensionamento delle vasche di disabbatura.....	234
Tab. 10.9. Dimensionamento delle vasche di raccolta.....	234
Tab. 10.10. Determinazione profili R_{vita} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. G.3-3.....	237
Tab. 10.11. Determinazione profili R_{beni} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. G.3-5.....	237
Tab. 10.12. Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione delle vie d'esodo dell'attività - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.1-1/S. 1-2.....	238
Tab. 10.13. Classificazione in gruppi di materiali - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.1-6/S. 1-7	238
Tab. 10.14. Parametri per la definizione di δ_{q1} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-6.....	239
Tab. 10.15. Parametri per la definizione di δ_{ni} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-8.....	239
Tab. 10.16. Parametri per la definizione di δ_{q2} - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-7	240
Tab. 10.17. Densità di carico di incendio da UNI EN 1991-1-2 - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.2-10	240
Tab. 10.18. Classe minima di resistenza al fuoco	240
Tab. 10.19. Carico di incendio per funzione	240
Tab. 10.20. Densità di affollamento per tipologia di attività - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.4-12.....	241
Tab. 10.21. Affollamento per piano.....	241
Tab. 10.22. Caratteristiche delle vie di esodo in base ai profili di rischio	242
Tab. 10.23. Numero massimo di sedili fissi per fila per settore - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.4-9.....	242
Tab. 10.24. Livelli di prestazione - D.M. 3 agosto 2015 - Tab. S.7-1	244

11. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

Tab. 11.1. Requisiti illuminotecnici da linee guida	250
Tab. 11.2. Valori di illuminamento medi nella fase 1	252
Tab. 11.3. Valori di illuminamento medi nella fase 2	253
Tab. 11.4. Valori di illuminamento medi nella fase 3	253
Tab. 11.5. Valori di illuminamento medi nella fase 4	253