

IL VUOTO COME OPPORTUNITA'
Progetto di ampliamento del Museo Civico Diocesano di Milano

Politecnico di Milano, sede di Milano Bovisa, a.a.2009/2010
Tesi di Laurea Magistrale in Architettura - Architettura delle Costruzioni
Studenti: Barbieri Elia Maria 735559, Belleri Elisa 736114
Relatore: Prof. Emilio Battisti

"L'apprezzamento del vuoto ha due fondamenti. Uno, oggettivo, secondo il quale il vuoto è il risultato di una drastica differenza per riduzione rispetto ad un modello, ad una esperienza accumulata o, semplicemente, alla densità sensoriale delle percezioni precedenti. L'altro, soggettivo, è prodotto nella coscienza dello spettatore da una frustrazione rispetto ad una determinata aspettativa proiettata su un luogo."

F.Espuelas, "il vuoto, riflessioni sullo spazio in Architettura" , Introduzione, p.9

"Il pieno e il vuoto, (...) l'uno è presente come ciò che è, l'altro come ciò che non è. (...) Nulla viene ad essere semplicemente da ciò che non è, (...)tuttavia le cose in certo modo vengono ad essere da ciò che non è."

Aristotele, Fisica, I, 5, 188a

INDICE

INTRODUZIONE

CENNI STORICI_DALLE ORIGINI DELLA BASILICA EUSTORGIANA ALL'ISTITUZIONE DEL MUSEO DIOCESANO

- 1.Storia del Complesso Monumentale
 - 1a. La Basilica di Sant'Eustorgio e lo sviluppo della "Cittadella" longobarda
 - 1b. Il Convento di Sant'Eustorgio
- 2.Nascita del Museo Diocesano
 - 2a.Comune di Milano, parrocchia di Sant'Eustorgio e Opera Diocesana
 - 2b.Museo Diocesano

LETTURA CRITICA DELL'AREA

- 1.Sviluppo storico della Cittadella
- 2.Il vuoto come opportunità

PROGETTO ARCHITETTONICO

- 1.Museo
 - 1a.Aspetti compositivi
 - 1b.Aspetti organizzativi
- 2.Residenza
 - 2a.Aspetti compositivi
 - 2b.Aspetti organizzativi
- 3.Fronte Parco

PROGETTO IMPIANTISTICO

- 1.Il problema della rete impiantistica
- 2.Schema di funzionamento dell'impianto
- 3.Condotti di mandata e ripresa
- 4.Trasmittanze dei pacchetti

APPENDICE A_DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO A TUTT'ARIA

PROGETTO STRUTTURALE

- 1.Pianta libera e ottimizzazione degli spazi tecnici

APPENDICE B_DIMENSIONAMENTO DELLA STRUTTURA

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

INTRODUZIONE

Il progetto di un Museo pone molte questioni a livello di organizzazione degli spazi, illuminazione, direzioni di percorrenza...

Se poi il Museo si colloca in un'area complicata, come è quella del centro storico di Milano, in un punto dove la Seconda Guerra Mondiale ha danneggiato uno dei più importanti monumenti della città, ossia complesso di Sant'Eustorgio, le problematiche di approccio alla progettazione aumentano esponenzialmente.

Entrano in gioco la storia del luogo, la morfologia urbana, l'interrogarsi su cosa debba essere il nuovo intervento in una lettura più ampia della città stessa.

In questo senso, bisogna partire da un punto fermo per iniziare a far chiarezza sulle intenzioni progettuali.

Il lavoro qui presentato ha come punto fermo il vuoto.

Il vuoto come opportunità e speranza per la città moderna.

***CENNI STORICI _ DALLE ORIGINI DELLA BASILICA
EUSTORGIANA ALL'ISTITUZIONE DEL MUSEO DIOCESANO***

1.STORIA DEL COMPLESSO MONUMENTALE

1a.La basilica di Sant'Eustorgio e lo sviluppo dell'area della "Cittadella" longobarda

La basilica di Sant'Eustorgio è uno tra i più importanti monumenti di Milano. Secondo alcune fonti venne eretta dal vescovo Eustorgio nel IV secolo d.C. per porvi le presunte reliquie dei Re Magi, altre affermano che fosse la "Basilica Portiana" di età Paleocristiana, citata da Sant'Ambrogio; scavi archeologici condotti negli anni Novanta del Novecento hanno portato in luce resti di una Necropoli nella quale, verosimilmente, venne sepolto il vescovo Eustorgio. La sepoltura avvenne secondo le leggi romane fuori dalla città e sui resti del Santo venne costruita una prima cappella che si trasformò nei Secoli nella Basilica odierna. Una serie di trasformazioni e addizioni successive, operate sino al tardo quattrocento, realizzarono nell'insieme un complesso articolato e stratificato.

Durante il periodo di dominazione longobarda, tra il 569 e il 774 d.C., il centro di potere della città si spostò nella zona compresa tra le attuali Via Santa Croce e Via Conca del Naviglio, un tempo corsi d'acqua, dove venne fondata la Cittadella.

L'asse di collegamento tra Milano e Pavia, l'antica Ticinum, divenne fondamentale per la vita della città a livello politico e commerciale, essendo Pavia capitale del regno longobardo.

Dopo l'occupazione franca del 774 d.C., Pavia divenne sede vescovile direttamente soggetta alle direttive di Roma e non più dipendente da Milano.

La sede di molte assemblee e concili religiosi vi venne trasferita e quindi, il diretto collegamento della "Cittadella Longobarda" con la sede vescovile accrebbe l'importanza religiosa dell'area a ridosso del Corso di Porta Ticinese.

Leggende legate a presunti miracoli avvenuti nei luoghi della Basilica, prima della sua fondazione, racconti dei primi battesimi celebrati dall'Apostolo Barnaba da una fonte nelle vicinanze, la collocazione della mitica Arca dei Magi nella Chiesa e ancora il ritrovamento miracoloso del corpo di Sant'Eugenio, incrementarono l'importanza religiosa del luogo e lo sviluppo di diversi centri di culto nella zona della cosiddetta "Cittadella longobarda".

Nel 1156 Federico Barbarossa assediò la città di Milano.

Molti importanti luoghi di culto vennero trafugati, tra questi anche la Basilica di Sant'Eustorgio, dalla quale si trasferirono le Reliquie dei Magi al Duomo di Colonia. Dopo i danni subiti in seguito all'assalto, si iniziò la ricostruzione della Chiesa in forme romaniche, attorno al 1190.

Affidata nel 1216 ai Domenicani, la Basilica venne sottoposta a numerosi rifacimenti con un processo di costruzione durato diversi secoli.

Nel XIV secolo la trasformazione "devozionale" della chiesa portò ad erigere parte delle cappelle votive e gentilizie verso il lato sud, attuale imbocco di via Santa Croce. Edificata tra il 1462 e il 1466 è la cappella Portinari, tra le prime e più insigni opere del Rinascimento a Milano di cui si ricorda il ciclo di affreschi di Vincenzo Foppa (1466-68).

"Prima sede conventuale furono gli edifici dell'Ospedale di San Barnaba (con la fonte miracolosa) o Ospedale di Santa Fede, che sorgevano a sud della Basilica. Non sappiamo bene quando i Domenicani abbiano abbandonato gli edifici dell'Ospedale per trasferirsi nel nuovo complesso, edificato a nord della Basilica." ¹

I Domenicani di Sant'Eustorgio erano proprietari di gran parte dei terreni compre-

si tra il Corso di P.ta Ticinese e il margine orientale dell'isolato su cui insisteva la Basilica.

Ciò portò all'edificazione di molti complessi religiosi nell'arco di poco tempo e a poche centinaia di metri di distanza. Sorsero così il Monastero di Santa Croce, il Convento delle Dame Vergini della Vettabbia, il Convento di S.Maria delle Vetere e la Chiesa di San Barnaba.

L'alto valore immobiliare, legato all'affaccio sul Corso, generò una saturazione del lato occidentale dell'isolato, dove proliferarono costruzioni su lotto gotico, stretto e lungo, mentre sul lato orientale l'edificato preservò quei terreni agricoli dipendenti dai complessi religiosi, sviluppandosi sui bordi dell'isolato, parallelamente alle direttrici principali.

In questo senso, si creò una perimetrazione dell'isolato stesso che lasciò intatto lo spazio verde all'interno.

La chiusura degli insediamenti lungo C.so di P.ta Ticinese ebbe definitivamente luogo tra il 1330 e il 1340, sotto l'egida di Azzone Visconti.

1b. Il convento di Sant'Eustorgio

Il convento ebbe una grande importanza nella vita ecclesiastica come centro di fede e di cultura. I collegamenti con il territorio, le relazioni con Pavia, sede dell'Università che i domenicani frequentarono come allievi e docenti, furono strategici per l'accrescimento del convento come luogo di riferimento culturale e per l'aumento del prestigio urbano e territoriale della comunità eustorgiana.

Dalle descrizioni del domenicano Galvano Fiamma (1283-1343), si desume che le prime strutture e i primi spazi del convento furono costruiti per fasi successive - con continue trasformazioni e sostituzioni - presumibilmente a nord della chiesa esistente, dove sorgono i chiostrini attuali, occupando i giardini e i campi coltivati a vite e frumento.

Il convento, costruito a lato della Basilica, non seguiva le regole di costruzione della città storica, ma si strutturava secondo l'andamento dei corsi d'acqua, molto abbondanti all'epoca, così come l'ordinamento stesso degli orti adiacenti.

Il convento ebbe il suo apice di splendore sotto il governo dei Visconti, ma nel 1526 venne distrutto durante gli scontri tra soldati francesi e spagnoli che si contendevano Milano.

"I due chiostrini a pianta quadrata e della medesima grandezza esistenti ora hanno origine tra la fine del Cinquecento e l'inizio del Seicento. Il primo chiostrino, addossato al fianco settentrionale della basilica, è a colonne toscane con nove arcate per lato; il secondo, dalle fattezze più eleganti del primo, è a colonne ioniche binate con sette arcate per lato.

Il convento in questo periodo non è però più un punto di riferimento della città. Il trasferimento nel 1559 del Tribunale dell'Inquisizione a Santa Maria delle Grazie coincise con il suo lento declino. Ma è nel maggio del 1796 che se ne decretò l'inesorabile degrado. Alla vigilia dell'ingresso in Milano delle truppe di Napoleone, un'ordinanza del vicario di provvisione stabiliva che il convento di Sant'Eustorgio fosse utilizzato come alloggio e deposito per i soldati di passaggio in città. Atti di distruzione e vandalismo si susseguirono per oltre un secolo, nel passaggio d'usi da caserma, a ospedale militare, a presidio di prigionieri di guerra.

La chiesa divenne invece parrocchia nella metà dell'Ottocento, quando iniziarono i tormentati e mai conciliati lavori di 'restauro stilistico'. Ma le vicissitudini dei chiostrini negli anni a venire saranno ancora più devastanti: agli inizi del secolo XX si insediarono, negli spazi delle aule conventuali e della biblioteca, attività artigianali

e scuderie; negli anni tra le due guerre, sul lato orientale dei chiostri, vennero ricavati alloggi minimi per i senzatetto, i piani terra vennero affidati ad associazioni, aziende installarono mense e lavatoi, e qui trovò sede anche il dopolavoro comunale. La guerra, nell'agosto del 1943, portò al rogo quel che rimase del complesso monumentale, se ancora così lo si poteva definire. La ricostruzione del complesso iniziò negli anni cinquanta.”²

2.NASCITA DEL MUSEO DIOCESANO

2a. Comune di Milano, parrocchia di Sant'Eustorgio e Opera Diocesana

Dal 1798, con l'avvento della Repubblica Cisalpina, l'Ordine domenicano fu spogliato dai beni e nei chiostri del convento vennero insediate le truppe repubblicane.

Il complesso monumentale di Sant'Eustorgio divenne proprietà comunale nel 1905, con atto di trasferimento della Direzione Generale del Genio Civile.

Già negli anni Trenta, l'allora Arcivescovo di Milano Ildefonso Schuster mostrò la volontà di promuovere l'arte cristiana e, al contempo, riunire, conservare e preservare il patrimonio artistico della Diocesi.

Nell'immediato dopoguerra vennero avviate trattative con la Curia Milanese, che sembrarono concludersi nel 1960, quando il comune di Milano deliberò la cessione indivisa della proprietà dei chiostri alla chiesa parrocchiale di Sant'Eustorgio e all'Opera Diocesana per la Preservazione e la Diffusione della Fede, ma il Ministero dei Beni Culturali negò la propria autorizzazione alla cessione.

2b. Museo Diocesano

Il Museo Diocesano venne inaugurato dal Cardinale Carlo Maria Martini il 5 novembre del 2001.

Negli anni sessanta il Cardinal Montini individuò il complesso della basilica di Sant'Eustorgio come sede del Museo Diocesano, e dagli anni ottanta, secondo principi conservativi e di ricostruzione filologica, iniziarono i lavori di restauro e di ricostruzione dei chiostri dell'antico convento domenicano.

NOTE

1_ "*L'Architettura del 400 a Milano*", p.113, L.Patetta, Ed.Città Studi, Milano 1987

2_ "*Documento preliminare alla progettazione, Concorso Internazionale di Progettazione Museo Diocesano*", p.7 Dott. Anna Ceresa Mori

LETTURA CRITICA DELL'AREA

1158



1722



1801



1858



1934



1965



1.SVILUPPO STORICO DELLA CITTADELLA

Il complesso monumentale della Basilica di Sant'Eustorgio, con i due chiostri annessi, si collocava all'interno del cosiddetto "Borgo della Cittadella", cioè il luogo in cui presumibilmente si trovava la Cittadella longobarda all'epoca della calata di questa popolazione nel Nord d'Italia.

A seguito dell'espansione cittadina, la Basilica e gli spazi adiacenti si ritrovarono inglobati nella città compatta, costituendo un'eccezione alle direzionalità del resto del costruito, sviluppatosi lungo l'asse del Ticinese.

Dal 1700 fino agli anni trenta del secolo scorso, si è assistito ad un progressivo infittimento del tessuto edilizio della zona, che è andato ad interessare gli spazi verdi, tenuti ad orti, che facevano riferimento al complesso Eustorgiano.

Nel 1884 venne presentato dall'Ingegnere Beruto il primo reale piano di riorganizzazione della città, in seguito al repentino ed incontrollato sviluppo di industrie e quartieri popolari entro la cerchia delle mura spagnole.

Il piano Beruto prevedeva una trasformazione della città, riorganizzandola in isolati più ampi rispetto a quelli storici e proponendo inoltre la copertura di gran parte dei navigli, trasformandoli in nuove arterie di comunicazione per la città.

Nel 1912 il piano Pavia-Masera riprese le linee generali del Beruto, ma fu solo nel 1924, con il piano regolatore Albertini-Cattaneo, che si identificarono nuovi possibili sviluppi per la città di Milano.

Questo piano preannunciava le ideologie fasciste in termini di organizzazione dello spazio urbano, gerarchizzazione della città e normativa igienica.

Le linee principali indicavano lo sventramento di molti isolati del centro storico, in favore della costruzione di nuove strade, la cui sezione si aggirava sui trenta metri di larghezza.

Il centro città veniva visto come centro amministrativo, mentre la popolazione doveva essere portata fuori dalla cerchia dei bastioni.

L'edificato veniva riorganizzato in blocchi più piccoli rispetto agli isolati esistenti e per quanto riguardava il rapporto con i monumenti, l'idea era quella di isolarli per valorizzarli. Anche questo piano rimase per gran parte dei suoi punti su carta.

Nel 1943 i bombardamenti provocarono l'incendio della Basilica di Sant'Eustorgio e il crollo del braccio Nord del chiostro più settentrionale.

Venne indetto nel 1945 un concorso di idee per la ricostruzione postbellica, ma le proposte avanzate erano contraddittorie ed incongruenti, quindi non vennero messe a punto.

Si trovò nonostante tutto la forza di istituire il Parco delle Basiliche, ad oggi Papa Giovanni Paolo II, seguendo parte delle direttive di un bando del 1934, il quale prevedeva la risistemazione a verde delle aree adiacenti alle Basiliche di San Lorenzo e Sant'Eustorgio, isolando i monumenti nell'ottica di una loro maggiore valorizzazione.

Il Parco ha sempre subito la dicotomia tra l'essere un giardino di quartiere e un parco urbano, prima per la presenza degli orti legati al complesso conventuale, poi per l'inaccessibilità dovuta ai navigli, infine per la drastica cesura derivata dalla costruzione di Via Molino delle Armi.

La decisione inoltre di costruire dei blocchi compatti sul margine orientale del Parco aumentò l'ambiguità di questo spazio, provocando una risposta inadeguata da parte della municipalità di allora e una indecisione su cosa fosse questa area verde.

A parte questo mal riuscito tentativo di intervenire su un vuoto, in generale lo spazio aperto, il vuoto, in questa zona di Milano risulta come negativo del costruito, in seguito ai bombardamenti.



2.IL VUOTO COME OPPORTUNITÀ

"Il vuoto è il luogo dove il pensiero può generare parole nuove." 3

Nella cultura occidentale il vuoto viene sempre vissuto in maniera negativa, come la perdita di qualcosa che non c'è più, il crollo di una certezza.

Troppo di rado si ha la consapevolezza delle potenzialità che esso può avere, in particolare rileggendolo nella sua accezione di spazio urbano in nuce.

Il vuoto come spazio urbano è lo spazio della relazione e dell'accadimento, è lo spazio per il pubblico, uno spazio dotato quindi di una grande forza a livello sociale.

In questi termini è possibile rileggere il vuoto generato dalla guerra nell'area adiacente la Basilica di Sant'Eustorgio a sistema con una serie di altri episodi, che si aprono lungo Corso di Porta Ticinese e Via Torino, i quali si trasformano in occasioni di sosta su uno degli assi con maggior percorrenza pedonale del centro di Milano.

Questa idea della "zona di decompressione" a lato di un flusso continuo e frenetico, permette di interpretare la mancanza lasciata dalla Guerra come opportunità e non più come ferita, andando a creare degli spazi a misura d'uomo, che consentono di vivere particolari momenti della città e non solo di attraversarla.

"Il vuoto è considerato come la discontinuità attraverso un mezzo omogeneo.(...) In ambito urbano, il vuoto è diversificato, aperto, collettivo. Si tratta dello spazio pubblico, concepito come vuoto urbano, nel quale si producono movimento e variazione, dove vengono esplicitati il passare del tempo e dell'azione umana." 4

La discontinuità che si genera nella cortina edilizia, interessata dal progetto di ampliamento del Museo Diocesano, consente di mettere in collegamento due spazi urbani, la strada ed il parco.

Non si passa più quindi da un esterno (la strada) ad un interno (gli orti), ma i due elementi della città comunicano e scambiano ora a pari grado, generando un nuovo spazio che vive della tensione tra questi due attori.

"La nozione di movimento implica, in una lettura temporale dei progetti, il mutamento del luogo e dei manufatti." 5

In realtà, il convento dei Domenicani aveva sempre avuto, sin dalla sua fondazione, un forte legame con lo spazio verde.

Testimonianza ne sono gli orti e i campi di frumento che venivano coltivati dai frati, ma ancora più importante è l'orientamento stesso dell'intero complesso monumentale, il quale non segue né le giaciture della città romana, né di quella medievale, ma accoglie la direzionalità delle rogge e dei corsi d'acqua che un tempo andavano ad irrigare i campi coltivati.

Questo forte legame con il verde, con l'elemento naturale, si è perso nel tempo, quindi, nel raffrontarsi oggi con una condizione che è quella dell'assenza di un lato del chiostro e della necessità di una ridefinizione dell'area verde, non ci si può esimere dal considerare e reinterpretare in termini contemporanei il rapporto che una volta legava convento e spazio aperto.

Per dirla con parole di Vittoriano Vigano:

*"La bellezza dell'architettura è che essa consente, a suo proprio riguardo, infinite definizioni: dall'astrazione via via fino alla sua propria negazione, che è sempre latente, ma che diviene addirittura puntuale quando vi è caduta di certezza, per cui azzeramento, ricominciamento o rifondazione, come suol dirsi, divengono speranza o ragione di vita, metodo."*⁶

Ed è proprio questo metodo, questa speranza di spazi urbani nuovi per una Milano moderna che porta a reintegrare l'ambito del parco a questo brano di città, progettando un sistema di spazi che, lavorando con i tre vuoti esistenti (cortina edilizia, chiostro, parco), stabilisca una serie di luoghi di relazione e scambio che portano dalla città al parco e viceversa, ponendo al centro dello spazio il museo, quale fulcro di tale sistema. Così

*"Ogni frammento diventa un piccolo scenario attraverso il quale fluisce l'attività urbana in una successione di situazioni istantanee concatenate."*⁷

Concludendo, vorremmo riportare le parole di Fernando Espuelas, che sintetizzano magistralmente quelle che sono le caratteristiche del vuoto, in una sua lettura come potenzialità ancora inespressa:

"PENETRABILITÀ: è l'accezione primaria dello spazio vuoto in contrapposizione allo spazio occupato. È la categoria dello spazio nella quale si danno movimento e trasformazione, e per tanto l'ambito in cui la vita si svolge e si manifesta il tempo contingente.

POSSIBILITÀ: lo spazio vuoto come spazio non occupato o non caratterizzato è un luogo disponibile. Un luogo sul quale vengono proiettate le possibilità, il territorio della casualità.

FLESSIBILITÀ: il vuoto inteso come mancanza di caratterizzazione dello spazio fa sì che questo sia trasformabile ed adattabile ad usi alternativi.

SCENARIO: il carattere transitivo che può avere lo spazio si concretizza nella sua capacità di accogliere l'azione, umana o di altro tipo, e risaltarla. "Posso prendere un qualsiasi spazio vuoto e chiamarlo scenario nudo. Un uomo cammina mentre un altro lo osserva, e questo è tutto il necessario per realizzare un atto teatrale". Sono parole di Peter Brook.

PUREZZA: la vacuità in architettura, intesa come soppressione del superfluo, di ciò che distorce, diventa uno strumento per la sua stessa valorizzazione.

ORDINE: lo spazio vuoto, riferimento alla diafanità, serve per ordinare quegli spazi che la densità costruttiva e la diversificazione funzionale rendono difficilmente conciliabili.

ECCEZIONALITÀ: la vacuità, intesa come qualità che esprime una bassa densità nell'occupazione fisica dello spazio, costituisce frequentemente una rarità. È in questa eccezionalità che risiedono certe significative utilizzazioni del vuoto.

TOTALITÀ: il vuoto, come luogo non aggettivato, è il regno della possibilità. Se questa potenzialità è estesa a tutti i livelli, lo spazio vuoto diventa il tramite adeguato per significare globalità ed universalità.

MAGNETISMO: il vuoto, grazie alla sua minor densità relativa, attrae a sé gli spazi contigui. È per questo utilizzato per far risaltare l'immagine di tali spazi, densi ma più lontani, nell'ambito in cui è predominante.

CONTENUTO DI CONOSCENZA: l'aggettivazione di vacuità per uno spazio determina l'esplicitazione di un'assenza. Il vuoto così inteso non è tanto una carenza di caratterizzazione quanto la frustrazione di un'aspettativa. Questo contenuto di

*conoscenza è realizzato in due modi: quello dell'assenza di carattere percettivo, e quello della nostalgia, sentimento per ciò che è stato irrimediabilmente perso. (...) Il vuoto era lì, sempre disponibile, materiale vergine e ricco di potenzialità, raro ma prolifico."*⁸

NOTE

3_ Simona Pierini in *"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura"*, Introduzione, F.Espuelas, Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004

4_ *"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura"*, p.89, F.Espuelas, Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004

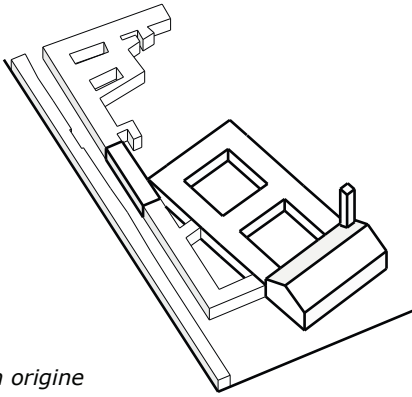
5_ *"Il progetto del vuoto:Public Space in motion 2000-2004"*, p.53, I.Cortesi, Alinea Editrice, Perugia 2004

6_ Vittoriano Vigano in *"Il progetto del vuoto:public space in motion 2000-2004"*, p.53, I.Cortesi, Alinea Editrice, Perugia 2004

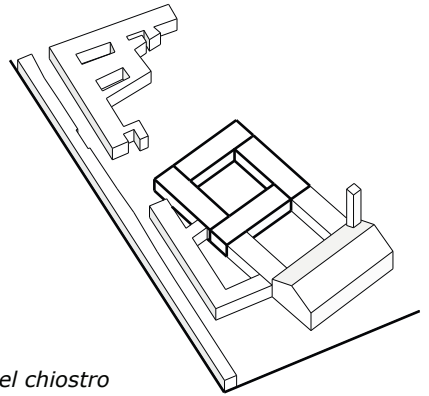
7_ *"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura"*, p.71, F.Espuelas, Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004

8_ *"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura"*, Epilogo p.231, F.Espuelas, Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004

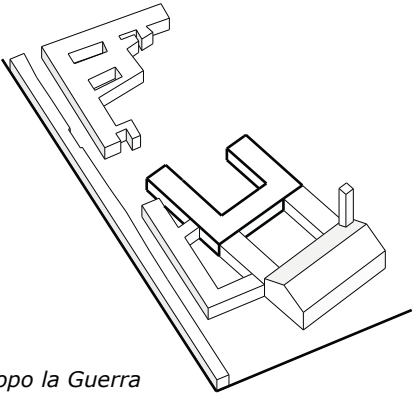
PROGETTO ARCHITETTONICO



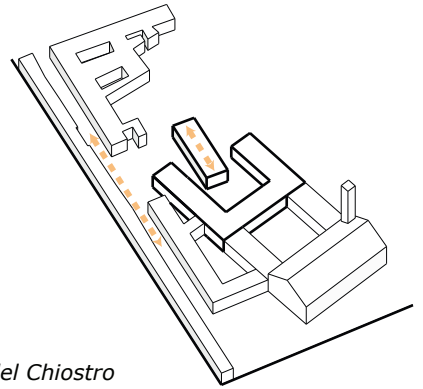
In origine



Rilettura del chiostro



Dopo la Guerra



Apertura del Chiostro

1. MUSEO

Il chiostro, dal latino *Clastrum* (serratura), rappresenta da sempre l'idea più alta di spazio intimo, di vita raccolta, di vita appunto claustrale. Un tale spazio nei monasteri e nelle abbazie era imprescindibile, rappresentava il momento massimo di raccoglimento, dopo la preghiera comunitaria. Era il luogo in cui ci si estraniava dalla realtà esterna per concentrarsi sulla propria vita spirituale, era un luogo interdetto a chi non partecipava alla vita interna del convento, era insomma il luogo di distacco per eccellenza dalla città.

In un'ottica di espansione del museo Diocesano, ci si è chiesto se fosse utile o meno ricreare questa intimità, questo senso di raccoglimento, andando a ricostruire il lato mancante del chiostro.

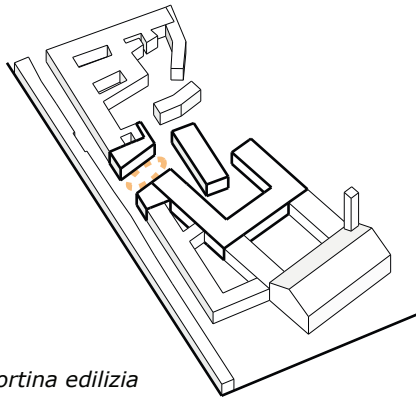
Nel momento in cui una nuova funzione si insedia in uno spazio in parte costruito e in parte da pensare, bisogna riflettere su quali possano essere le implicazioni logico formali di questo nuovo insediarsi.

Nel caso del Museo ad esempio, una funzione didattica, una funzione pubblica, una funzione che offre democraticamente ai cittadini la cultura, una funzione che si arricchisce del confronto con la città, non si può pensare di reimpiegare una tipologia architettonica che è l'emblema dell'introversione e del distacco dalla città stessa.

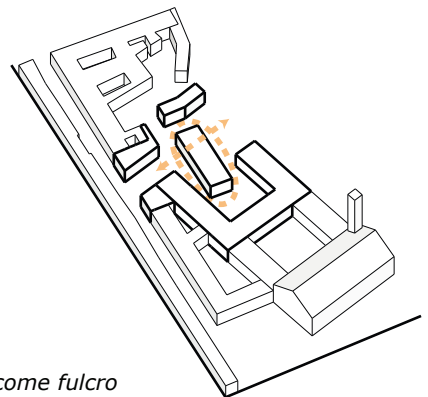
Alla luce di queste considerazioni, riconosciuta la qualità architettonica del complesso con il quale ci si va a confrontare, si è optato non per la ricostruzione, ma per un gesto più forte: l'apertura totale di questo spazio.

Il Museo si apre e si offre alla città, divenendo il fulcro di un sistema di spazi e di relazioni che accompagnano dalla città al parco e viceversa.

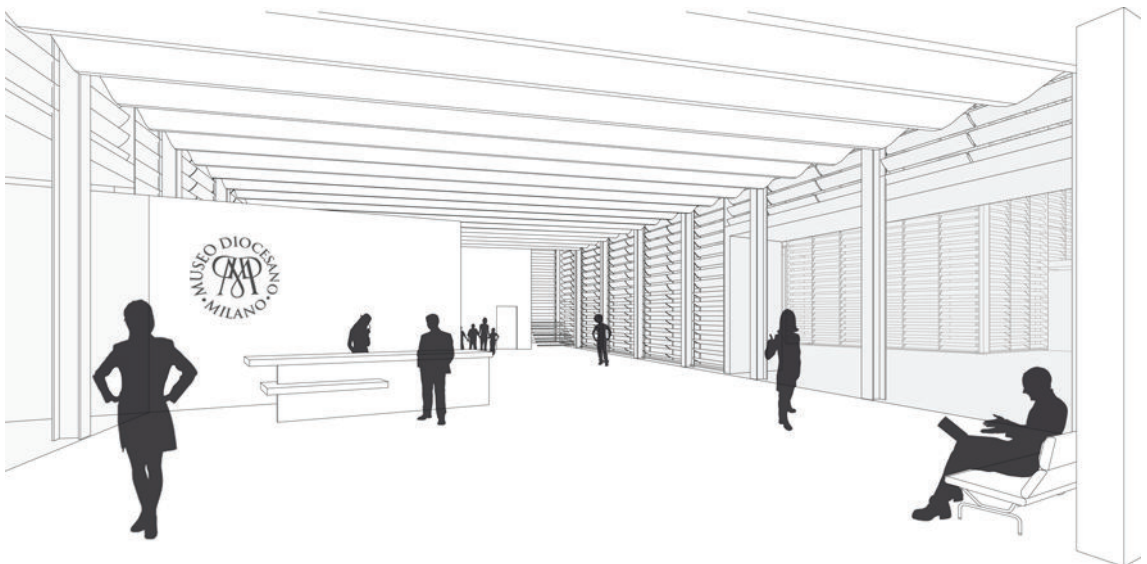
Il chiostro non è più così un'entità estranea all'intorno, ma diviene parte dello stesso in un gioco di scambi e rimandi.



Apertura della cortina edilizia



Il Museo come fulcro



1a. Aspetti compositivi

Il corpo centrale del Museo rilegge le dimensioni del corpo distrutto, ma ruota, ponendosi parallelamente all'asse del Ticinese, trasportando idealmente i flussi della città nel chiostro e unendo in se quelle due entità che un tempo erano estranee, guadagnando un nuovo spazio di qualità per Milano.

Il complesso di Sant'Eustorgio ha da sempre rappresentato un'eccezione nella morfologia della città di Milano, estraniandosi da un qualsiasi disegno a priori della stessa.

Questa sua eccezionalità crea ancora oggi una forte tensione con la direzionalità del Corso di Porta Ticinese, permettendo di ripensare gli spazi urbani, arricchiti dal gioco tra questi due importanti elementi.

La decisione di posizionare il museo parallelamente all'andamento della strada fa propria l'idea dell'eccezione come riconferma.

Si riconferma la particolarità della giacitura del chiostro, accrescendone l'importanza e si disegnano degli ambiti che riconoscono la qualità e la forza del confronto continuo tra l'asse stradale e il complesso monumentale.

Il fronte sul Ticinese è stato interpretato come porta di accesso al sistema di spazi che si snoda partendo dal Corso e arrivando al Parco.

I due corpi di fabbrica di testata riprendono le altezze degli edifici esistenti, addossandosi ai muri ciechi, a sottolineare la lettura di questo spazio come una apertura e non una cesura all'interno della cortina edilizia.

L'allineamento di questi due edifici, uno residenziale e l'altro parte del complesso museale, segue quello del chiostro, per non banalizzare l'idea del portale di ingresso, come semplice porta che si apre perpendicolarmente ad un muro (idealmente il Corso), ma attribuendogli una qualità spaziale maggiore, la qualità degna di un nuovo spazio urbano.

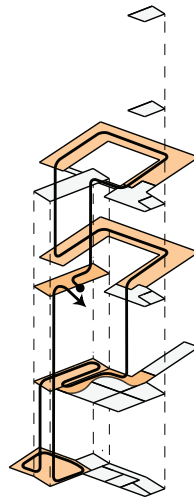
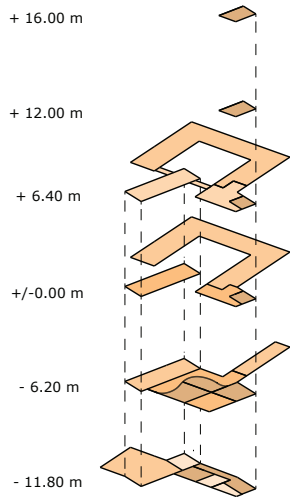
Il Museo è concepito come fulcro di un sistema e, per questo motivo, il rivestimento scelto per l'edificio sottolinea il suo essere centro e non barriera.

Il rivestimento è in lamelle di Granito Rosa di Baveno, inclinate in maniera diversa a secondo della posizione.

Si riesce così a dare un effetto di smaterializzazione mano a mano che l'edificio si avvicina al suolo, giocando anche con le trasparenze delle vetrate a piano terra. In questo modo si ha sempre un rimando visivo dall'interno verso l'esterno e viceversa, consentendo di apprezzare il parco dalla strada e la strada dal parco, così come il foyer dal chiostro e il chiostro dal foyer.

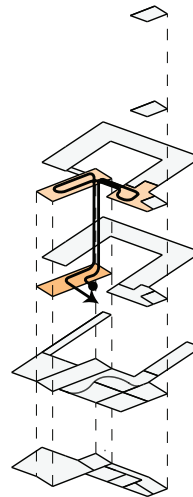
Rimanendo negli ambienti del Museo si ha quindi una visione a trecentosessanta gradi di ciò che rimane al di fuori, sentendosi veramente nel mezzo di queste relazioni spaziali.

ORGANIZZAZIONE INTERNA

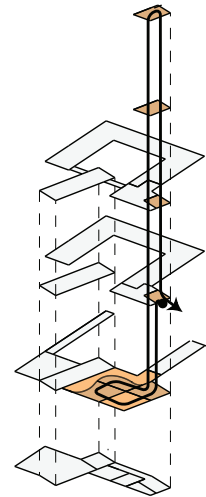


SPAZI ESPOSITIVI

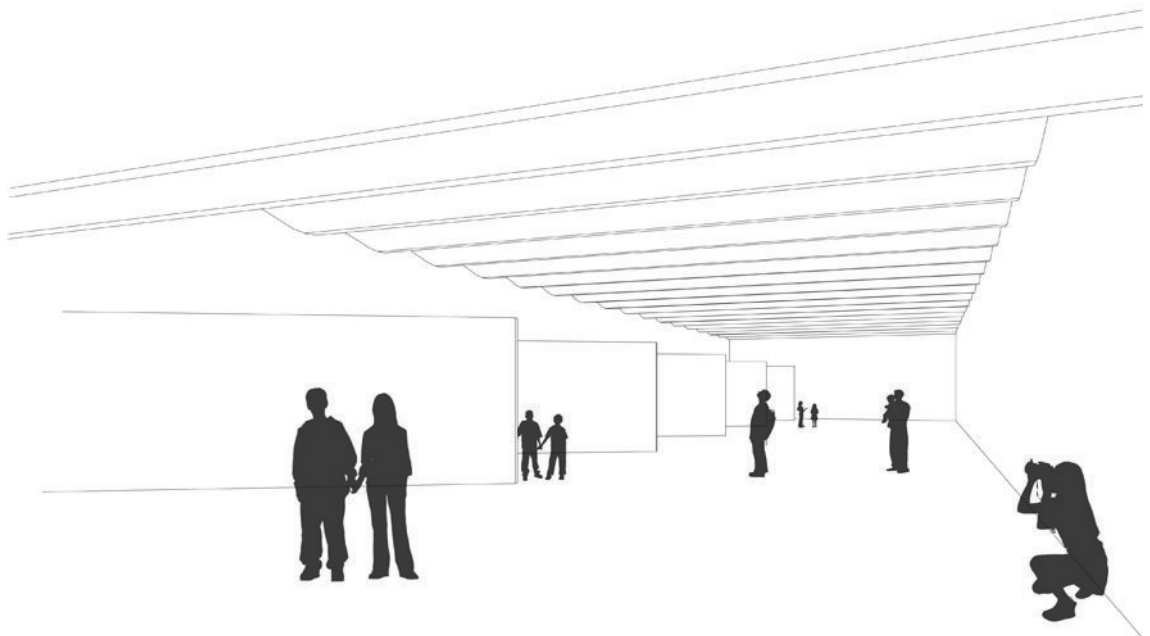
LAYOUT DISTRIBUTIVO



INCONTRI
E DIDATTICA



DOCUMENTAZIONE
E RICERCA



1b.Aspetti organizzativi

Per quanto riguarda il piano terra, vi si trovano tutti gli spazi del percorso museale che scambiano con la città, quindi l'Atrio, dal quale si accede indipendentemente alle esposizioni temporanee e a quelle permanenti, la Caffetteria e il Bookstore, sempre nell'ottica di apertura e relazione con il pubblico.

Al primo piano sono stati invece collocati gli spazi relativi alla didattica e ai seminari, pensando ad una possibile apertura notturna degli stessi, senza dover obbligatoriamente passare dalle sale espositive, le quali si trovano invece nell'interrato.

La collocazione degli spazi espositivi sotto terra permette di avere ampi spazi, con un'illuminazione sempre controllata, progettata per diverse esigenze. Infatti, le sale mostra e la sala polivalente sono controsoffittate con un sistema di foglie di Bandywood laccate, che distribuiscono la luce dando un effetto luce diffusa, ma che consentono l'installazione di faretti puntuali, per particolari necessità espositive.

Per quanto riguarda la sala polivalente, questa è lo spazio che completa il corpo principale del Museo fuori terra.

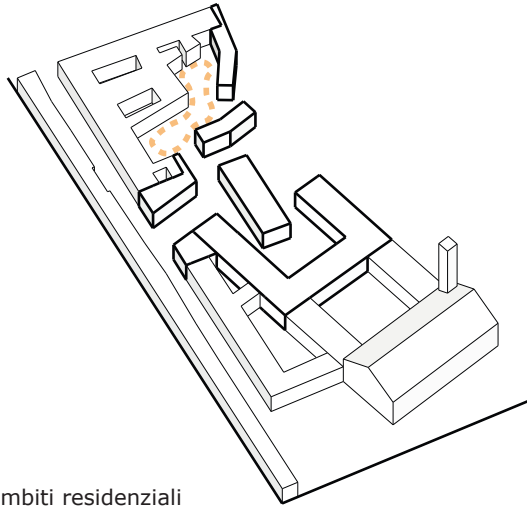
Da Bando si richiedeva uno spazio flessibile, utilizzabile anche per ricevimenti, che è stato quindi pensato come una grande sala con un doppio affaccio, uno sul parco e uno sul corso, in modo da sottolineare la centralità dello spazio in cui ci si trova.

Facendo nostre le parole di Mies all'amico Hugo Häring:

*"Fai degli spazi abbastanza grandi, vecchio mio, in modo da potercisi muovere dentro liberamente, e non in una sola direzione predeterminata!oppure sei sicuro del modo in cui questi spazi saranno usati? Noi non sappiamo affatto se la gente li userà nel modo in cui ci aspettiamo da loro. Le funzioni non sono né così chiare, né così costanti; esse cambiano più rapidamente dell'edificio."*⁹

NOTE

9_ Ludwig Mies van der Rohe in *"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura"*, p.110, F.Espuelas, Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004



Gli ambiti residenziali



2.RESIDENZA

La situazione attuale del Parco presenta due condizioni diverse sul fronte Est e sul fronte Ovest.

Il lato orientale è definito da una cortina edilizia continua e compatta, che poco o nulla scambia con il Parco stesso, mentre il fronte occidentale presenta un costruito di tutt'altro genere, molto più poroso, ma che comunque presenta sul verde il proprio retro.

L'espansione residenziale si colloca sul fronte Ovest e cerca di reinterpretare la porosità tipica del costruito esistente, per creare un nuovo fronte parco, il quale diviene al contempo un fronte urbano.

L'idea cardine è ribaltare la situazione per cui i retri affacciano sul verde, riportandovi le zone giorno degli appartamenti, in un'ottica che è quella della valorizzazione dello spazio aperto.

Il contesto in cui è stata progettata l'espansione residenziale è molto eterogeneo, vivo di giorno e di notte, attraversato continuamente da flussi di diverse tipologie: lavoro, svago, cultura....

Il centro storico di Milano, in particolare quest'area, è fatto per essere vissuto, non solo guardato.

Proprio per questo motivo, il nuovo edificato non può trasformarsi in un quartiere dormitorio, ma deve poter offrire dei servizi e degli spazi non unicamente abitativi.

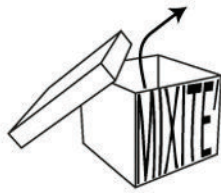
La mixità è ciò che rende vissuto e vivibile questo brano di città ed è la mixità funzionale che sta alla base del progetto del nuovo costruito residenziale: i nuovi edifici non accoglieranno solo residenze, ma anche spazi commerciali e spazi per uffici.

Non volendosi però limitare solo a questa parte di città, i servizi offerti si propongono a tutta Milano, quale centro finanziario, culturale, capitale della Moda e del Design.

Lo sviluppo sempre maggiore di questi settori e del polo fieristico, per non parlare poi della costruzione della cosiddetta "Città della Moda", attira flussi di persone sempre più consistenti per brevi periodi nella città.

Aumenta così la richiesta di residenze temporanee, per permanenze più o meno lunghe, per necessità diverse e soprattutto per utenze diverse.

Si è pensato così di progettare alloggi temporanei di taglio diverso, dal monolocale, al quadrilocale, allo spazio di lavoro integrato a quello abitativo, per rispondere a questa nuova domanda.



ABITARE



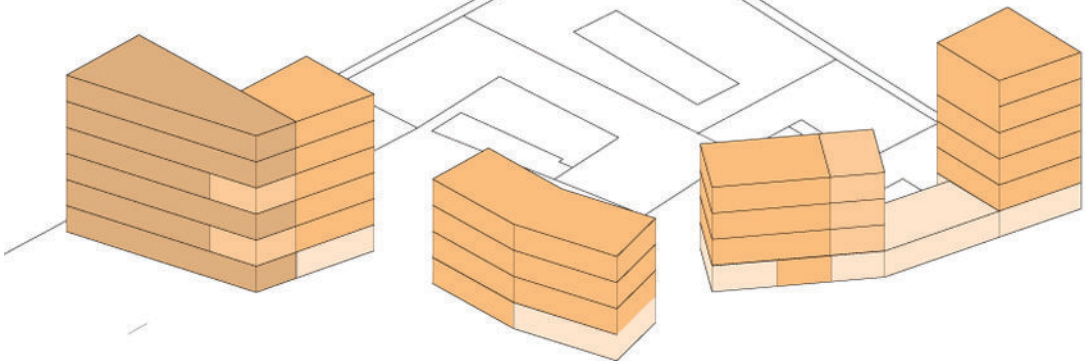
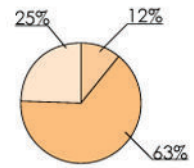
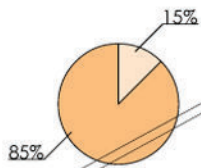
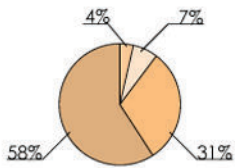
ABITARE TEMPORANEO



LAVORARE



COMMERCIALE



2a.Aspetti compositivi

L'area dove si colloca la residenza ha delle qualità architettoniche opposte rispetto a quelle del fronte edilizio continuo e lineare del lato orientale del parco.

La porosità che caratterizza il lato occidentale, interessato dall'espansione, viene riletta insieme agli spazi interstiziali che si generano tra i corpi di fabbrica, in modo da poter creare degli ambiti semipubblici in collegamento con il parco, inseriti in quel sistema di spazi, di cui il Museo è il fulcro.

Le inclinazioni dei corpi di fabbrica danno un senso di maggiore intimità, quando si vivono gli spazi dall'interno, mentre percorrendo la camminata lungo il parco, disegnano un fronte discontinuo, che propone prospettive sempre nuove, giocando con dislivelli, rampe, muri pieni e vetrate.

In questo senso, anche i prospetti trasmettono la vivacità del contenuto dell'edificio, attraverso aggetti, colori e piccoli sfalsamenti della regola di base delle aperture.

2b.Aspetti organizzativi

Come per il Museo, le funzioni di servizio pubblico vengono poste a piano terra, in diretta connessione con la città.

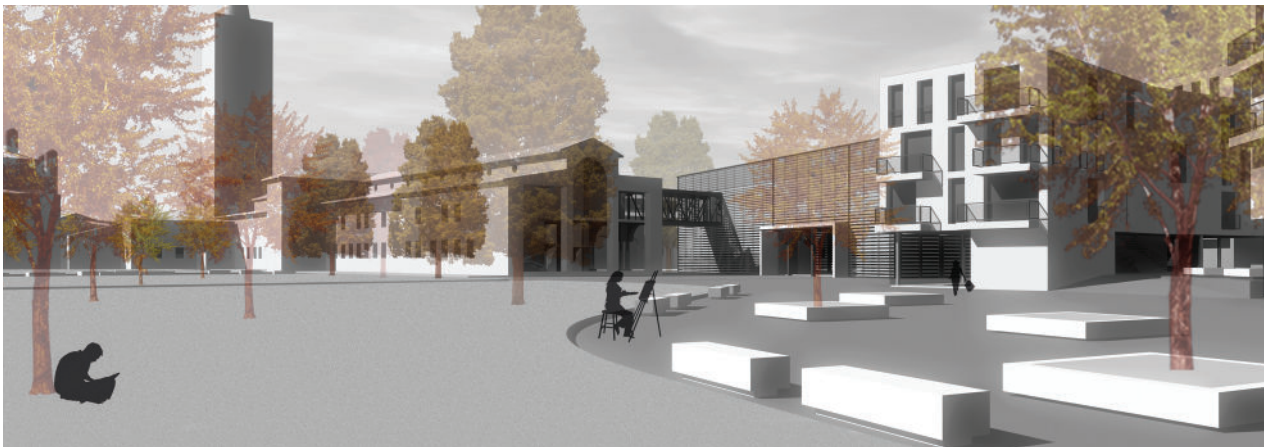
Ponendosi il problema di rispondere a diverse richieste di alloggio, i tre corpi sono stati pensati come residenza temporanea, l'edificio che dà sul Ticinese; alloggi di piccolo e medio taglio, l'edificio che fronteggia il Museo e alloggi di grande taglio e studi professionali, l'edificio fronte parco.

Dimensioni Alloggi:

Edificio 1 _ 2 monocali 70 mq
3 bilocali 158 mq
9 quadrilocali 840 mq
2 monocale+ studio 180 mq
1 commerciale 50 mq

Edificio 2 _ 6 monocali 215 mq
6 trilocali 378 mq
1 commerciale 103 mq

Edificio 3 _ 8 cinquelocali 939 mq
3 studi 172 mq
2 commerciale 376mq



3.FRONTE PARCO

Per quanto riguarda il fronte parco, è stata disegnata una passeggiata che conduce dal chiostro a via Vetere.

Nello spiazzo alla fine della stessa Via Vetere è stata pensata una tettoia, che va a disegnare una piazza coperta, fruibile 24 ore su 24 e sfruttabile per l'organizzazione di eventi serali, mercatini artigianali, mostre all'aperto...

PROGETTO IMPIANTISTICO

1.IL PROBLEMA DELLA RETE IMPIANTISTICA

Affrontando un progetto architettonico, tante sono le componenti che entrano in gioco: funzionalità, estetica, solidità, compatibilità ambientale, fruibilità del manufatto.

Un ruolo importante del progetto viene giocato dalla rete impiantistica, che lavora nell'edificio come il sistema circolatorio nel corpo, non visibile, ma fondamentale. Nel progettare gli impianti, ci si trova a fronteggiare diverse problematiche, prima di tutte il collocamento dei diversi condotti, per ottimizzare la funzionalità dell'impianto stesso; in secondo luogo trovare la tipologia di impianto più adatto, relativamente alla funzione dell'edificio e in ultima analisi, non si può prescindere dal considerare un eventuale funzionamento ecosostenibile anche in questi termini.

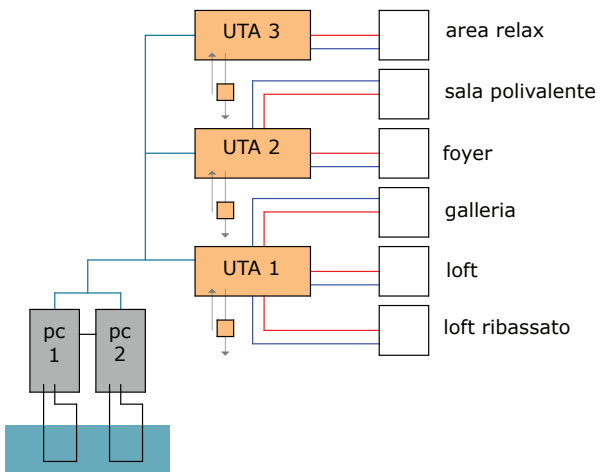
Valutando quali sono le problematiche e le necessità relative alla climatizzazione del Museo, è stato scelto di adottare un impianto a tutt'aria, con tubi passanti nel controsoffitto.

Le sale espositive e, più in generale, tutti gli ambienti che del complesso architettonico fanno parte hanno bisogno di poter essere climatizzati in tempi relativamente brevi, considerando un utilizzo non continuativo degli stessi, ma per la maggior parte dell'anno solo giornaliero.

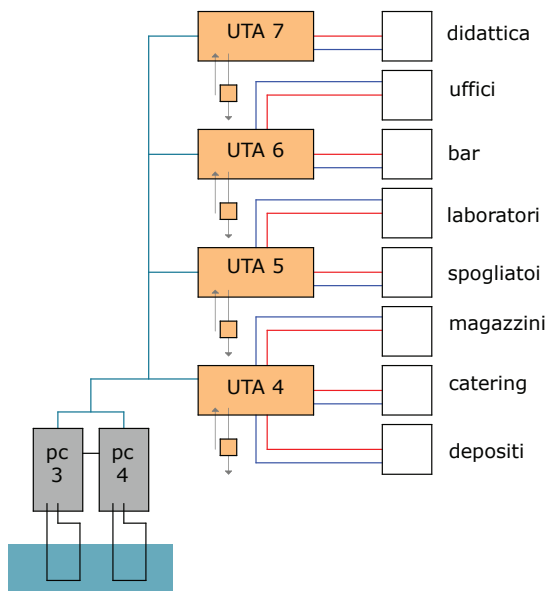
Un impianto a tutt'aria consente di giungere al comfort termoigrometrico desiderato in tempistiche minori rispetto ad esempio ad un impianto a pannelli radianti, inoltre permette di avere una distribuzione del calore o dell'aria rinfrescata più omogeneo per delle grandi superfici.

SCHEMA DELL'IMPIANTO A TUTT'ARIA CON POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA IN SERIE

Gruppo Termofrigorifero 1



Gruppo Termofrigorifero 2



2.SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Dovendo però climatizzare degli ambienti con caratteristiche diverse, per utilizzo, dimensione e orari di fruizione, si è deciso di organizzare l'impianto rispetto a due distinti gruppi termofrigoriferi, in seguito denominati Gruppo Frigorifero 1 e Gruppo Frigorifero 2, i quali andranno a servire rispettivamente gli ambienti contenuti nel corpo centrale del Museo e nel corpo di testata sul Ticinese.

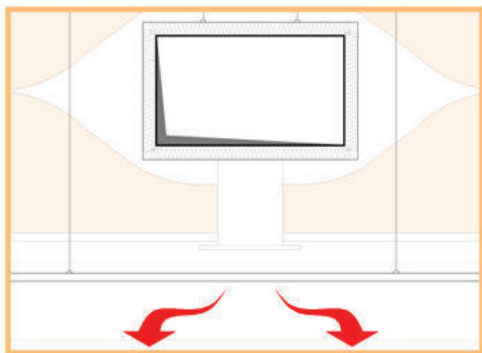
Per la stessa ragione, ai due gruppi frigoriferi sono collegate più Centrali di Trattamento Aria, riferite a diversi locali da climatizzare.

In sintesi, si può dire che il Gruppo Frigorifero 1 andrà a servire gli spazi espositivi, il foyer e la sala polivalente, mentre il Gruppo Frigorifero 2 si lega agli spazi più logistici e di amministrazione, unitamente al bar e alle aule didattiche.

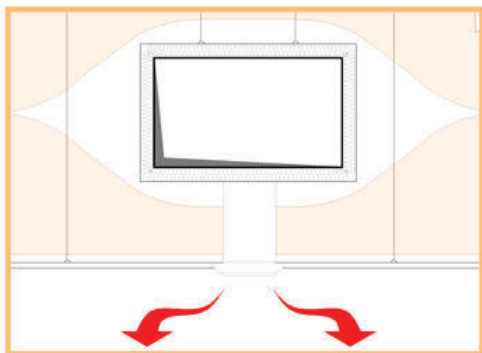
Il ragionamento fatto per il dimensionamento delle Centrali di Trattamento Aria segue la fruizione degli ambienti stessi, in questo modo avremo 7 UTA localizzate in punti diversi dell'edificio, il più possibile vicine al locale da climatizzare, in modo da diminuire il percorso dei condotti d'aria, riducendo così dispersioni di carico accidentali dovute alla geometria del tubo.

Trovandosi la falda acquifera in questa zona a circa 15 m di profondità, si è pensato di sfruttare il potere termico dell'acqua in un circuito "open loop", progettando due pompe di calore acqua-acqua per ciascun gruppo termofrigorifero.

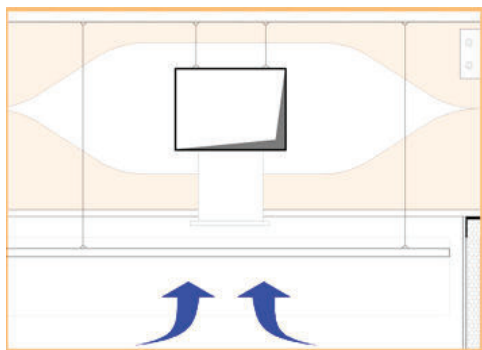
La richiesta di energia termica e frigorifera da parte dell'edificio, non è così alta da implicare lo sdoppiamento del sistema di pompe, ma considerazioni relative al fatto che, da bando, alcuni locali possano essere utilizzabili anche in orari di chiusura del museo, hanno portato alla progettazione di un sistema di pompe di calore in serie, in modo tale da prevenire anche il blocco totale dell'impianto di climatizzazione, nel caso in cui una pompa si rompa.



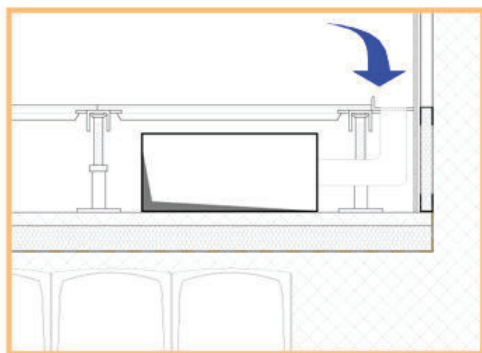
Diffusore di mandata a quattro vie



Ugello a lunga gittata di mandata



Bocchetta di ripresa a soffitto



Bocchetta di ripresa a pavimento

3.CONDOTTI DI MANDATA E DI RIPRESA

Per quanto riguarda la distribuzione e il ricircolo dell'aria nei diversi locali, il sistema di mandata rimane a soffitto, tramite diffusori a quattro vie o ugelli a lunga gittata, a secondo che il controsoffitto sia realizzato con foglie di Bendywood o con normali pannelli di cartongesso.

Le foglie di Bendywood lavorano insieme ai diffusori a quattro vie per distribuire al meglio l'aria nell'ambiente.

Per quanto riguarda invece il sistema di ripresa, le bocchette vengono collocate a pavimento e mascherate tramite un effetto scuretto, tenendo il pavimento staccato dal muro perimetrale.

Solo nell'aula polivalente si è avuta la necessità di collocare delle bocchette di ripresa a soffitto, data l'impossibilità di far passare tutti i tubi a pavimento.

I condotti passano infatti nei fori delle travi alveolari per quanto riguarda il corpo principale del museo, quello che interessa cioè spazi espositivi e foyer. In questo senso è quindi necessario confrontarsi continuamente con gli alveoli a disposizione e cercare di far tornare tutte le aree necessarie. Si capisce qui come ogni scelta e soprattutto ogni risultato sia frutto di molti compromessi.

4.TRASMITTANZE DEI PACCHETTI

Nella scelta dei pacchetti murari, si sono scelti materiali che unissero resistenza termica, prestanza acustica e leggerezza strutturale, in modo tale da soddisfare le esigenze estetiche e prestazionali richieste.

Tutti i pacchetti sono stati infatti confrontati con la legge vigente in Lombardia e ne rispettano di conseguenza le direttive.

Le vetrate sono realizzate in retrocamera con Argon, in modo tale da ridurre le dispersioni e contenere quindi i consumi.

Per quanto riguarda in particolare lo spazio delle scale che affacciano a Sud, sul chiostro, la schermatura solare avviene con un sistema di lamelle in Rosa di Baveno, che previene quindi l' "effetto serra" sul corpo scale.

DIMENSIONAMENTO RELATIVO ALL'IMPIANTO COLLEGATO AL PRIMO GRUPPO TERMOFRIGORIFERO
DATI PLANIVOLUMETRICI

	sup. coperta [mq]	h media involucro [m]	volume lordo [mc]
Fuori Terra	607	13	7891
Interrato	1372	9	12348
	sup. calpestabile [mq]	h media piano [m]	volume netto [mc]
Piano 1	506	5	2530
Piano Terra	440	5	2200
Interrato -1	872,5	5	4362,5
Interrato -2	919	7	6433

DATI VOLUMETRICI DEI SIGNOLI AMBIENTI

	sup. calpestabile [mq]	h media piano [m]	volume netto [mc]
FUORI TERRA Sala polivalente	330	5,3	1749
Foyer	440,5	5,15	2268,575
INTERRATO Galleria	466	5	2330
Loft ribassato	328	4,5	1476
Loft	575	10	5750
Area relax	404	5	2020

DATI TECNICI

	stratigrafia	dimensioni [m]	λ [W/mK]	k [W/m ² K]	R [m ² K/W]	R tot= R+Ri+Re [m ² K/W]
<i>Pareti Opache</i>						
muro perimetrale A	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	3,325 0,30073629
	lana di roccia	0,06	0,04	0,667	1,5	
	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	
	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	
	pannello gessofibra	0,01	0,29	29	0,034	
	lana di roccia	0,06	0,04	0,667	1,5	
	pannello gessofibra	0,01	0,29	29	0,034	
muro perimetrale B	intonaco di calce	0,015	0,87	58	0,02	4,94 0,203
	poroton	0,35	0,15	0,429	2,33	
	lana di roccia	0,08	0,04	0,500	2	
	intercapedine	0,45				
	calcestruzzo armato	0,6	2,1	3,50	0,29	
	guaina in polietilene	0,005				
muro perimetrale C	pannello gessofibra	0,03	0,29	9,67	0,10	5,29 0,189
	intercapedine d'aria	0,04	0,27	6,75	0,15	
	intonaco di calce	0,015	0,87	58	0,02	
	poroton	0,35	0,15	0,429	2,33	
	lana di roccia	0,08	0,04	0,500	2	
	intercapedine	0,45				
	calcestruzzo armato	0,6	2,1	3,50	0,29	
	guaina in polietilene	0,02	0,19	9,5	0,11	

solaio copertura A	piastrelle in cemento	0,02	0,5	25,00	0,04	4,03	0,248
	massetto di pendenza	0,1	0,25	2,5	0,4		
	carta kraft	0,005	0,17	34	0,03		
	pannelli EPS	0,1	0,03	0,30	3,33		
	soletta collaborante	0,11	2,1	19,09	0,05		
	lamiera grecata	0,006	60	10000,00	0,00008		
solaio interpiano B	laminato	0,04	0,17	4,25	0,235	3,284	0,305
	colla	0,01					
	TNT	0,005	0,17	34	0,029		
	pannelli EPS	0,08	0,03	0,375	2,667		
	soletta collaborante	0,11	2,1	19,09	0,052		
	lamiera grecata	0,008	60	7500	0,0001		
solaio esterno C	lastre di cls lavato	0,03	0,5	16,67	0,060	4,266	0,234
	colla	0,01					
	massetto di pendenza	0,1	0,25	2,5	0,4		
	carta kraft	0,005	0,17	34	0,029		
	pannelli EPS	0,1	0,03	0,3	3,333		
	soletta collaborante	0,3	2,1	7	0,143		
solaio a terra D	pannello in resina fenolica	0,065	0,023	0,35	2,826	5,79	0,173
	struttura di sostegno	0,4					
	isolante lana di roccia	0,1	0,04	0,4	2,5		
	soletta collaborante	0,3	2,1	7	0,143		
	igloo	0,3					
	magrone	0,08	3,5	43,75	0,02		
<i>Pareti Trasparenti</i>							
finestrature	vetrocamera Pilkington	0,024			1	1,17	0,85

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE

Regime invernale

		muro		solaio		aperture			
	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	area [m ²]	Q' [kW]	
FUORI TERRA									
<i>(considerati hi= 7,7 he= 25 W/m²K_ ti=20°C te=-5°C)</i>									
Piano 1									
Sala polivalente		A	285,3	2,145	A	530	3,29	83,75	1,79
Piano terra									
Foyer							448,65	9,59	
INTERRATO									
<i>(considerati hi= 7,7 ht=5,8 W/m²K_ ti=20°C tt=8°C)</i>									
Interrato -1									
Galleria		B	255	0,620					
Area Relax		B	114	0,277	C	302	1,77		
					D	174	0,36		
Interrato -2									
Loft ribassato		B	185	0,450	D	383	0,79		
		C	59	0,134					
Loft		C	824	1,868	C	690	4,04		
					D	588	1,22		
								Qti [kW]=	28,35

Regime estivo

		muro		solaio		aperture			
	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	area [m ²]	Q' [kW]	
FUORI TERRA									
<i>(considerati hi= 7,7 he= 25 W/m²K_ ti=26°C te=35°C)</i>									
Piano 1									
Sala polivalente		A	285,3	0,772	A	530	1,19	83,75	0,64
Piano Terra									
Foyer							448,65	3,45	
INTERRATO									
<i>(considerati hi= 7,7 ht=5,8 W/m²K_ ti=26°C tt=8°C)</i>									
Interrato -1									
Galleria		B	255	0,930					
Area Relax		B	114	0,416	C	302	0,64		
					D	174	0,54		
Interrato -2									
Loft ribassato		B	185	0,675	D	383	1,19		
		C	59	0,201					
Loft		C	824	2,802	C	690	1,46		
					D	588	1,83		
								Qte [kW]=	16,73

DISPERSIONI PER VENTILAZIONE

$$Q = 0,34 * \gamma * \Delta T$$

$$\gamma = Q_{op} * A * n_s$$

Regime Invernale

tim=40°C tar=20°C

		destinazione d'uso	area [m2]	Qop [m3/hp]	ns [p/m2]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 1	Sala polivalente	330	30,6	0,6	6058,8	20	41,200
	Piano terra	Foyer	440,5	19,8	0,2	1744,38	20	11,862
<u>INTERRATO</u>	Interrato -:	Galleria	466	21,6	0,3	3019,68	20	20,534
		Area Relax	404	21,6	0,3	2617,92	20	17,802
	Interrato -:	Loft ribassato	328	21,6	0,3	2125,44	20	14,453
		Loft	575	21,6	0,3	3726	20	25,337

Qvi [kW]= 131,19

Regime Estivo

tim=12°C tar=26°C

		destinazione d'uso	area [m2]	Qop [m3/hp]	ns [p/m2]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 1	Sala polivalente	330	30,6	0,6	6058,8	14	28,840
	Piano terra	Foyer	440,5	19,8	0,2	1744,38	14	8,303
<u>INTERRATO</u>	Interrato -:	Galleria	466	21,6	0,3	3019,68	14	14,374
		Area Relax	404	21,6	0,3	2617,92	14	12,461
	Interrato -:	Loft ribassato	328	21,6	0,3	2125,44	14	10,117
		Loft	575	21,6	0,3	3726	14	17,736

Qve [kW]= 91,83**DISPERSIONI DOVUTE AI PONTI TERMICI** (si considera il 7,5% delle dispersioni maggiori)**TOT DISP PT 11,97**

APPORTI CLIMATICI

Endogeni

		destinazione d'uso	attività persone	apporto [kW/p]	indice di affollamento [p/m ²]	superficie calpestabile [m ²]	Qe [kW]
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 1	Sala polivalente	Sedute a riposo	0,1163	0,6	330	23,03
	Piano terra	Foyer	Camminata 3km/l	0,13	0,2	440,5	11,453
<u>INTERRATO</u>	Interrato -:	Galleria	Camminata 3km/l	0,13	0,3	466	18,17
		Area Relax	Sedute a riposo	0,1163	0,3	404	14,10
	Interrato -:	Loft ribassato	Camminata 3km/l	0,13	0,3	328	12,79
		Loft	Camminata 3km/l	0,13	0,3	575	22,43

TOT ENDO. 101,97

Solare

$$Q_{solare} = I_c * s * FS * f_{accumulo}$$

Costruzione media= TtCi(h) 50-250

Vetro termico= 0,55 SC

FS = 0,78*SC = 0,429

Ic = 500 W/m²

	destinazione d'uso	orientamento	superficie s [m ²]	faccumulo	Qs [kW]
Fuori Terra	Sala polivalente	N	77,5	0,76	12,63
		E	41,88	0,25	2,25
		O	41,88	0,3	2,69
	Scale	S	155	0,57	18,95
		E	80	0,25	4,29
		O	51,5	0,3	3,31
	Foyer	N	77,5	0,76	12,63
		E	190	0,25	10,19
		O	190	0,3	12,23

TOT SOL. 66,55

APPORTI TOTALI 168,51

CARICO TERMICO INVERNALE [kW] 171,50

CARICO TERMICO ESTIVO [kW] 289,04

DIMENSIONAMENTO DEI CONDOTTI DELL'U.T.A.

Regime invernale

si considera $\Delta T=(40-20)K = 20K$

$Q_{toti} [kW] = Q_{ti}+Q_{pt}+Q_{vi} = 171,50$

$Q_{toti}=0,34*\Delta T*\psi$ quindi $\psi = Q_{toti} / (0,34*\Delta T) \psi [m3/h] = 25221$

Regime estivo

si considera $\Delta T=(26-12)K = 14K$

$Q_{tote} [kW] = Q_{te}+Q_{pt}+Q_{ve} = 289,04$

$Q_{tote}=0,34*\Delta T*\psi$ quindi $\psi = Q_{tote} / (0,34*\Delta T) \psi [m3/h] = 60722$

In regime estivo, la portata d'aria ψ è maggiore, quindi il dimensionamento dei condotti dei singoli ambienti, verrà eseguito in regime estivo.

1 - CALCOLO DELLE POTENZE DI PICCO E DELLA PORTATA D'ARIA DI OGNI SINGOLO AMBIENTE

si considera $\Delta T=(26-12)K = 14K$

$Q_{tote}=0,34*\Delta T*\psi$ quindi $\psi = Q_{tote} / (0,34*\Delta T)$

	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]	$\psi [m3/h]$
<u>FUORI TERRA</u>						
<u>Piano 1</u>						
Sala polivalente	2,601	28,840	0,042	40,60	72,086	15144
<u>Piano terra</u>						
Foyer	3,45	8,303	0,016	46,50	58,272	12242
<u>INTERRATO</u>						
<u>Interrato -1</u>						
Galleria	0,930	14,374	0,020	18,17	33,498	7037
Area relax	1,59	12,461	0,019	14,10	28,169	5918
<u>Interrato -2</u>						
Loft ribassato	2,066	10,117	0,016	12,79	24,991	5250
Loft	6,085	17,736	0,032	22,43	46,278	9722

2 - CALCOLO DELLE AREE DEI CONDOTTI D'ARIA DI OGNI SINGOLO AMBIENTE

$v_{1aria} = 3m/s$ (in mandata a soffitto)

$v_{2aria} = 5m/s$ (in ripresa a pavimento)

	$\psi [m3/h]$	Am [m2]	Ar [m2]
<u>FUORI TERRA</u>			
<u>Piano 1</u>			
Sala polivalente	15144	1,40	0,84
<u>Piano terra</u>			
Foyer	12242	1,13	0,68
<u>INTERRATO</u>			
<u>Interrato -1</u>			
Galleria	7037	0,65	0,39
Area relax	5918	0,55	0,33
<u>Interrato -2</u>			
Loft ribassato	5250	0,49	0,29
Loft	9722	0,90	0,54

_MANDATA

	CONDOTTI		BOCCHETTE		
	Dimensione [cm]	Numero	ψ [m ³ /h]	Numero	Tipologia
<u>FUORI TERRA</u>					
<i>Piano 1</i>					
Sala polivalente	42x70	4	1000	16	NR25 MOD. DQ 1/4 diffusore quadrato a 4 vie 225x225mm Criotherm
<i>Piano terra</i>					
Foyer	42x70	4	1000	16	NR25 MOD. DQ 1/4 diffusore quadrato a 4 vie 225x225mm Criotherm
<u>INTERRATO</u>					
<i>Interrato -1</i>					
Galleria	42x70	2	750	10	NR25 MOD. DQ 1/4 diffusore quadrato a 4 vie 150x150mm Criotherm
Area relax	42x130	1	200	30	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<i>Interrato -2</i>					
Loft ribassato	35x70	2	200	26	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Loft	42x70	3	750	12	NR25 MOD. DQ 1/4 diffusore quadrato a 4 vie 225x225mm Criotherm

_RIPRESA

	CONDOTTI		BOCCHETTE		
	Dimensione [cm]	Numero	ψ [m ³ /h]	Numero	Tipologia
<u>FUORI TERRA</u>					
<i>Piano 1</i>					
Sala polivalente	42x70	2	700	8	LMT-S Madel 300x250mm
	42x30	2	600	8	DMT-MOD Madel 300x200mm
<i>Piano terra</i>					
Foyer	42x70	2	760	16	LMT-S Madel 350x250mm
<u>INTERRATO</u>					
<i>Interrato -1</i>					
Galleria	42x50	2	700	10	LMT-S Madel 300x250mm
Area relax	42x78	1	700	8	LMT-S Madel 300x250mm
<i>Interrato -2</i>					
Loft ribassato	35x40	2	700	8	LMT-S Madel 300x250mm
Loft	35x50	3	800	12	LMT-S Madel 400x250mm

DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE DELL'U.T.A**UTA 1_Sale Espositive****1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO****CONDIZIONI DI TEMPERATURA**

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immisione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

aria = 1,2 Kg/m3

$$\Delta hf = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta hc = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO Qf = Δhf*γaria [KW]	BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO Qc = Δhc*γaria [KW]	Q PARZIALE [kw]
Galleria	234,58	16,4206	251,00
Loft ribassato	175,01	12,250	187,26
Loft	324,07	22,685	346,760
Qf TOT=	733,66	Qc TOT = 51,36	Qestivo TOT = 785,02

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO**CONDIZIONI DI TEMPERATURA**

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immisione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RISCALDAMENTO Q1 = Δh1*γaria [KW]
Galleria	140,04
Loft ribassato	104,48
Loft	193,47

Q1 TOT= 438,00

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RISCALDAMENTO Q2 = Δh2*γaria [KW]
Galleria	91,49
Loft ribassato	68,25
Loft	126,39

Q2 TOT= 286,13

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo si è quasi dimezzato garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

ψ tot [m3/h]= 22010

Modello UTA

NCD 15 Aermec ψ[m3/h] = 25761

UTA 2_Foyer e Polivalente

1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immisione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

aria = 1,2 Kg/m³

$$\Delta h_f = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h_c = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO	BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO	Q PARZIALE
	Qf = Δhf*γaria [KW]	Qc = Δhc*γaria [KW]	[kw]
Sala polivalente	504,80	35,336	540,14
Foyer	408,07	28,565	436,635
Qf TOT=	912,87	Qc TOT = 63,90	Qestivo TOT = 976,77

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immisione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h_1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RISCALDAMENTO
	Q1 = Δh1*γaria [KW]
Sala polivalente	301,37
Foyer	243,62
Q1 TOT=	544,98

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h_2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

	BATTERIA DI RISCALDAMENTO
	Q2 = Δh2*γaria [KW]
Sala polivalente	196,87
Foyer	159,15
Q2 TOT=	356,02

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo si è quasi dimezzato garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

ψ tot [m³/h]= 27386

Modello UTA

NCD 16 Aermec ψ[m³/h] = 30772

UTA 3_Area relax piano interrato

1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immisione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

aria = 1,2 Kg/m³

$$\Delta hf = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta hc = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Q_f = \Delta hf * \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

197,26

BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO

$$Q_c = \Delta hc * \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

13,8085

Q PARZIALE

[kw]

211,07

Area Relax

Qf TOT= 197,26

Qc TOT = 13,81

Qestivo TOT = 211,07

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immisione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q1 = \Delta h1 * \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

117,77

Area relax

Q1 TOT= 117,77

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q2 = \Delta h2 * \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

76,93

Area relax

Q2 TOT= 76,93

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo si è quasi dimezzato garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

$\psi \text{ tot [m3/h]} = 5918$

Modello UTA

NCD 8 Aermec $\psi \text{ [m3/h]} = 6207$

DIMENSIONAMENTO DELLE POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA

POMPA 1_Sale Espositive e Area Relax

	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]
Dispersioni Invernali	11,53	78,125	6,725		96,385
Dispersioni Estive	10,67	54,688	4,902	67,49	137,751

	Modello	Potenza termica [kW]	Potenza frigorifera [kW]
Pompa di calore 1	NXW 0600 Aermec	161	149

POMPA 2_Foyer e Polivalente

	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]
Dispersioni Invernali	16,81	53,062	5,241		75,115
Dispersioni Estive	6,05	37,143	3,240	87,10	133,540

	Modello	Potenza termica [kW]	Potenza frigorifera [kW]
Pompa di calore 2	NXW 0600 Aermec	161	149

Il Gruppo frigorifero è costituito da due pompe di calore in serie, in modo da poter ottimizzare l'apporto di energia termica all'edificio, in caso di utilizzo dello stesso non a pieno regime. Inoltre, la decisione di impiegare due pompe di calore risulta utile in previsione di una possibile rottura di uno dei due gruppi, in modo da non mandare in blocco l'intero sistema di climatizzazione.

DIMENSIONAMENTO RELATIVO ALL'IMPIANTO COLLEGATO AL SECONDO GRUPPO TERMOFRIGORIFERO
DATI PLANIVOLUMETRICI

	sup. coperta [mq]	h media involucro [m]	volume lordo [mc]
Fuori Terra	440	16,5	7260
Interrato	700	9	6300

	sup. calpestabile [mq]	h media piano [m]	volume netto [mc]
Piano 3	89	3	267
Piano 2	89	3	267
Piano 1	224	5	1120
Piano Terra	240	5	1200
Interrato -1	765,7	5	3828,5
Interrato -2	281,66	4,5	1267,47

DATI VOLUMETRICI DEI SIGNOLI AMBIENTI

	sup. calpestabile [mq]	h media piano [m]	volume netto [mc]
FUORI TERRA			
<i>Piano 3</i>			
Ufficio Amministrazione	54	3	162
Archivio	35	3	105
<i>Piano 2</i>			
Sala Studio	54	3	162
Archivio	35	3	105
<i>Piano 1</i>			
Aula Seminari 1	74	5	370
Aula seminari 2	74	5	370
Aula didattica	76	4	304
Area relax	130	4	520
<i>Piano Terra</i>			
Bar	200	5	1000
Ufficio arrivo opere	40	3	120
INTERRATO			
<i>Interrato -1</i>			
Deposito	350	5	1750
Magazzino 1	128	5	640
Magazzino 2	123	5	615
Laboratorio 1	40	5	200
Laboratorio 2	39	5	195
Laboratorio 3	47	5	235
Spogliatoi	38,7	5	193,5
<i>Interrato -2</i>			
Spazio catering	116	4,5	522
Magazzino 3	165,66	4,5	745,47

DATI TECNICI

	stratigrafia	dimensioni [m]	λ [W/mK]	k [W/m ² K]	R [m ² K/W]	R tot= R+Ri+Re [m ² K/W]
<i>Pareti Opache</i>						
muro perimetrale A	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	3,325 0,300736285
	lana di roccia	0,06	0,04	0,667	1,5	
	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	
	pannello gessofibra	0,0125	0,29	23,2	0,043	
	pannello gessofibra	0,01	0,29	29	0,034	
	lana di roccia	0,06	0,04	0,667	1,5	
	pannello gessofibra	0,01	0,29	29	0,034	
muro perimetrale B	intonaco di calce	0,015	0,87	58	0,02	4,94 0,203
	poroton	0,35	0,15	0,429	2,33	
	lana di roccia	0,08	0,04	0,500	2	
	intercapedine	0,45				
	calcestruzzo armato	0,6	2,1	3,50	0,29	
	guaina in polietilene	0,005				
muro perimetrale C	pannello gessofibra	0,03	0,29	9,67	0,10	5,29 0,189
	intercapedine d'aria	0,04	0,27	6,75	0,15	
	intonaco di calce	0,015	0,87	58	0,02	
	poroton	0,35	0,15	0,429	2,33	
	lana di roccia	0,08	0,04	0,500	2	
	intercapedine	0,45				
	calcestruzzo armato	0,6	2,1	3,50	0,29	
	guaina in polietilene	0,02	0,19	9,5	0,11	
muro perimetrale EX	mattoni pieni	0,65	0,58	0,89	1,12	1,30 0,771
	intonaco cementizio	0,01	1,4	140	0,01	
solaio copertura A	piastrelle in cemento	0,02	0,5	25,00	0,04	4,03 0,248
	massetto di pendenza	0,1	0,25	2,5	0,4	
	carta kraft	0,005	0,17	34	0,03	
	pannelli EPS	0,1	0,03	0,30	3,33	
	soletta collaborante	0,11	2,1	19,09	0,05	
	lamiera grecata	0,006	60	10000,00	0,00008	
solaio interpiano B	laminato	0,04	0,17	4,25	0,235	3,284 0,305
	colla	0,01				
	TNT	0,005	0,17	34	0,029	
	pannelli EPS	0,08	0,03	0,375	2,667	
	soletta collaborante	0,11	2,1	19,09	0,052	
	lamiera grecata	0,008	60	7500	0,0001	
solaio esterno C	lastre di cls lavato	0,03	0,5	16,67	0,060	4,266 0,234
	colla	0,01				
	massetto di pendenza	0,1	0,25	2,5	0,4	
	carta kraft	0,005	0,17	34	0,029	
	pannelli EPS	0,1	0,03	0,3	3,333	
	soletta collaborante	0,3	2,1	7	0,143	

solaio a terra D	pannello in resina fenolica	0,065	0,023	0,35	2,826		
	struttura di sostegno	0,4					
	isolante lana di roccia	0,1	0,04	0,4	2,5		
	soletta collaborante	0,3	2,1	7	0,143		
	igloo	0,3					
	magrone	0,08	3,5	43,75	0,02	5,79	0,173
solaio copertura EX	coppi laterizio	0,03	0,46	15,33	0,07		
	isotec	0,08	0,024	0,3	3,33		
	travi di legno	0,25	0,13	0,52	1,92		
	tavelle legno	0,025	0,13	5,20	0,19	5,68	0,176
<i>Pareti Trasparenti</i>							
finestrature	vetrocamera Pilkington	0,024			1	1,17	0,85

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE

Regime invernale

FUORI TERRA				solaio			aperture	
	tipologia	muro area [m ²]	Q' [kW]	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	area [m ²]	Q' [kW]
<i>(considerati hi= 7,7 he= 25 W/m²K _ ti=20°C te=-5°C)</i>								
Piano 3								
Ufficio Amministrazione	A	45,54	0,342	A	70	0,43	16,6	0,35
Archivio	A	13,2	0,099	A	58,4	0,36		
Piano 2								
Sala Studio	A	45,54	0,342	A	70	0,43	16,6	0,35
Archivio	A	13,2	0,099	A	58,4	0,36		
Piano 1								
Aula Seminari 1	A	37,35	0,281	A	76	0,47	10	0,21
Aula seminari 2	A	88,45	0,665	A	76	0,47	10	0,21
Aula didattica	EX	21,9	0,422	EX	52,75	0,23		
Area relax				A	135	0,84		
Piano Terra								
Bar	A	84,25	0,633				213,25	4,56
Arrivo opere	EX	31	0,597					
<i>(considerati hi= 7,7 ht=5,8 W/m²K _ ti=20°C tt=8°C)</i>								
Interrato -1								
Deposito	B	178	0,433	D	350	0,73		
Magazzino 1	B	93,6	0,228	C	350	2,05		
				D	128	0,27		
Magazzino 2				C	128	0,75		
				D	123	0,25		
				C	123	3,60		
Laboratorio 1				D	40	0,08		
Laboratorio 2				D	39	0,08		
Laboratorio 3				C	39	0,23		
				D	47	0,10		
Spogliatoi	B	11,8	0,029	C	47	0,28		
Interrato -2								
Spazio catering	B	89,5	0,218					
Magazzino 3	B	66,7	0,162					

Qti [kW]= 21,67

Regime estivo

		muro		solai		aperture		
	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	tipologia	area [m ²]	Q' [kW]	area [m ²]	Q' [kW]
FUORI TERRA								
<i>(considerati hi= 7,7 he= 25 W/m²K _ ti=26°C te=35°C)</i>								
Piano 3								
Ufficio Amministrazione	A	45,54	1,233	A	70	0,16	16,6	0,13
Archivio	A	13,2	0,357	A	58,4	0,13		
Piano 2								
Sala Studio	A	45,54	1,233	A	70	0,16	16,6	0,13
Archivio	A	13,2	0,357	A	58,4	0,13		
Piano 1								
Aula Seminari 1	A	37,35	1,011	A	76	0,17	10	0,08
Aula seminari 2	A	88,45	2,394	A	76	0,17	10	0,08
Aula didattica	EX	21,9	1,519	EX	52,75	0,08		
Area relax				A	135	0,30		
Piano Terra								
Bar	A	84,25	2,280				213,25	1,64
Arrivo opere	EX	31	0,215					
INTERRATO								
<i>(considerati hi= 7,7 ht=5,8 W/m²K _ ti=26°C tt=8°C)</i>								
Interrato -1								
Deposito	B	178	0,649	D	350	1,09		
Magazzino 1	B	93,6	0,341	C	350	0,74		
				D	128	0,40		
Magazzino 2				C	128	0,27		
				D	123	0,38		
Laboratorio 1				C	123	0,26		
				D	40	0,12		
Laboratorio 2				D	39	0,12		
				C	39	0,08		
Laboratorio 3				D	47	0,15		
				C	47	0,10		
Spogliatoi	B	11,8	0,043					
Interrato -2								
Spazio catering	B	89,5	0,326					
Magazzino 3	B	66,7	0,243					

Qte [kW]= 19,26

DISPERSIONI PER VENTILAZIONE

$$Q = 0,34 * \gamma * \Delta T$$

$$\gamma = Q_{op} * A * n_s$$

Regime Invernale

tim=40°C tar=20°C

	destinazione d'uso	area [m2]	Qop [m3/hp]	ns [p/m2]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Ufficio Amministrazione	54	39,6	0,06	128,304	20	0,872
	Piano 2	Sala Studio	54	36	0,6	1166,4	20	7,932
	Piano 1	Aula Seminari 1	74	36	0,6	1598,4	20	10,869
		Aula seminari 2	74	36	0,6	1598,4	20	10,869
		Aula didattica	76	36	0,6	1641,6	20	11,163
		Area relax	130	21,6	0,3	842,4	20	5,728
	Piano terra	Bar	200	39,6	0,8	6336	20	43,085
Ufficio arrivo opere		40	39,6	0,06	95,04	20	0,646	
<u>INTERRATO</u>	Interrato -1	Laboratorio 1	40	39,6	0,06	95,04	20	0,646
		Laboratorio 2	39	39,6	0,06	92,664	20	0,630
		Laboratorio 3	47	39,6	0,06	111,672	20	0,759

	destinazione d'uso	volume [m3]	n [1/h]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Archivio	105	0,1	10,5	20	0,071
	Piano 2	Archivio	105	0,1	10,5	20	0,071
<u>INTERRATO</u>	Interrato -1	Deposito	1750	0,1	175	20	1,190
		Magazzino 1	640	0,1	64	20	0,435
		Magazzino 2	615	0,1	61,5	20	0,418
		Spogliatoi	193,5	4	774	20	5,263
	Interrato -2	Spazio catering	522	0,1	52,2	20	0,355
	Magazzino 3	745,47	0,1	74,547	20	0,507	

Qvi [kW]= 101,51

Regime Estivo
 tim=12°C tar=26°C

	destinazione d'uso	area [m2]	Qop [m3/hp]	ns [p/m2]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Ufficio Amministrazione	54	39,6	0,06	128,304	14	0,611
	Piano 2	Sala Studio	54	36	0,6	1166,4	14	5,552
	Piano 1	Aula Seminari 1	74	36	0,6	1598,4	14	7,608
		Aula seminari 2	74	36	0,6	1598,4	14	7,608
		Aula didattica	76	36	0,6	1641,6	14	7,814
		Area relax	130	21,6	0,3	842,4	14	4,010
	Piano terra	Bar	200	39,6	0,8	6336	14	30,159
		Arrivo opere	40	39,6	0,06	95,04	14	0,452
<u>INTERRATO</u>	Interrato -1	Laboratorio 1	40	39,6	0,06	95,04	14	0,452
		Laboratorio 2	39	39,6	0,06	92,664	14	0,441
		Laboratorio 3	47	39,6	0,06	111,672	14	0,532

	destinazione d'uso	volume [m3]	n [1/h]	γ d'aria [m3/h]	ΔT [K]	Qv [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Archivio	105	0,1	10,5	14	0,050
	Piano 2	Archivio	105	0,1	10,5	14	0,050
<u>INTERRATO</u>	Interrato -1	Deposito	1750	0,1	175	14	0,833
		Magazzino 1	640	0,1	64	14	0,305
		Magazzino 2	615	0,1	61,5	14	0,293
		Spogliatoi	193,5	4	774	14	3,684
	Interrato -2	Spazio catering	522	0,1	52,2	14	0,248
	Magazzino 3	745,47	0,1	74,547	14	0,355	

Qve [kW]= 71,06

TOT DISP VENT 172,57

DISPERSIONI DOVUTE AI PONTI TERMICI (si considera il 7,5% delle dispersioni maggiori)

TOT DISP PT 9,06

APPORTI CLIMATICI

Endogeni

	destinazione d'uso	attività persone	apporto [kW/p]	ns [p/m2]	superficie calpestabile [m2]	Qe [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Ufficio Amministrazione	Sedute a riposo	0,1163	0,06	54	0,377
	Piano 2	Sala Studio	Sedute a riposo	0,1163	0,6	54	3,768
	Piano 1	Aula Seminari 1	Sedute a riposo	0,1163	0,6	74	5,164
		Aula seminari 2	Sedute a riposo	0,1163	0,6	74	5,164
		Aula didattica	Sedute a riposo	0,1163	0,6	76	5,303
		Area relax	Sedute a riposo	0,1163	0,3	130	4,536
	Piano terra	Bar	Sedute a riposo	0,1163	0,8	200	18,608
<u>INTERRATO</u>	Interrato -1	Laboratorio 1	Sedute a riposo	0,1163	0,06	40	0,279
		Laboratorio 2	Sedute a riposo	0,1163	0,06	39	0,272
		Laboratorio 3	Sedute a riposo	0,1163	0,06	47	0,328

TOT ENDO. 43,80

Solare

$$Q_{\text{solare}} = I_c * s * FS * f_{\text{accumulo}}$$

Costruzione media= TTCi(h) 50-250

Vetro termico= 0,55 SC

FS = 0,78*SC = 0,429

Ic = 500 W/m2

	destinazione d'uso	orientamento	superficie s [m2]	faccumulo	Qs [kW]	
<u>FUORI TERRA</u>	Piano 3	Ufficio Amministrazione	E	16,6	0,25	0,89
	Piano 2	Sala Studio	E	16,6	0,25	0,89
	Piano terra	Bar	N	77,5	0,76	12,63
			E	80	0,25	4,29

TOT SOL. 18,70**APPORTI TOTALI 62,50****CARICO TERMICO INVERNALE [kW] 132,24****CARICO TERMICO ESTIVO [kW] 161,88**

DIMENSIONAMENTO DEI CONDOTTI DELL'U.T.A.

Regime invernale

si considera $\Delta T=(40-20)K = 20K$

$$Q_{toti} [kW] = Q_{ti} + Q_{pt} + Q_{vi} = \mathbf{132,24} \quad Q_{toti} = 0,34 * \Delta T * \psi \quad \text{quindi } \psi = Q_{toti} / (0,34 * \Delta T), \quad \psi [m3/h] = \mathbf{19447}$$

Regime estivo

si considera $\Delta T=(26-12)K = 14K$

$$Q_{tote} [kW] = Q_{te} + Q_{pt} + Q_{ve} = \mathbf{161,88} \quad Q_{tote} = 0,34 * \Delta T * \psi \quad \text{quindi } \psi = Q_{tote} / (0,34 * \Delta T), \quad \psi [m3/h] = \mathbf{34008}$$

In regime estivo, la portata d'aria ψ è maggiore, quindi il dimensionamento dei condotti dei singoli ambienti, verrà eseguito in regime estivo.

1 - CALCOLO DELLE POTENZE DI PICCO E DELLA PORTATA D'ARIA DI OGNI SINGOLO AMBIENTE

si considera $\Delta T=(26-12)K = 14K$

$$Q_{tote} = 0,34 * \Delta T * \psi \quad \text{quindi } \psi = Q_{tote} / (0,34 * \Delta T)$$

	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]	$\psi [m3/h]$
FUORI TERRA						
<i>Piano 3</i>						
Ufficio Amministrazione	1,52	0,611	0,160	1,27	3,554	747
Archivio	0,488	0,050	0,040		0,578	121
<i>Piano 2</i>						
Sala Studio	1,517	5,552	0,530	4,658	12,257	2575
Archivio	0,488	0,050	0,040		0,578	121
<i>Piano 1</i>						
Aula Seminari 1	1,258	7,608	0,665	5,164	14,695	3087
Aula seminari 2	2,641	7,608	0,769	5,164	16,182	3400
Aula didattica	1,60	7,814	0,706	5,303	15,426	3241
Area relax	0,30	4,010	0,323	4,536	9,171	1927
<i>Piano Terra</i>						
Bar	3,921	30,159	2,556	35,532	72,168	15161
Ufficio arrivo opere	0,215	0,452	0,050		0,717	151
INTERRATO						
<i>Interrato -1</i>						
Deposito	2,475	0,833	0,248		3,556	747
Magazzino 1	1,009	0,305	0,099		1,412	297
Magazzino 2	0,64	0,293	0,070		1,005	211
Laboratorio 1	0,12	0,452	0,043	0,279	0,899	189
Laboratorio 2	0,20	0,441	0,048	0,272	0,965	203
Laboratorio 3	0,25	0,532	0,058	0,328	1,163	244
Spogliatoi	0,043	3,684	0,280		4,007	842
<i>Interrato -2</i>						
Spazio catering	0,326	0,248	0,043		0,618	130
Magazzino 3	0,243	0,355	0,045		0,643	135

2 - CALCOLO DELLE AREE DEI CONDOTTI D'ARIA DI OGNI SINGOLO AMBIENTE

$v_{1aria} = 3\text{m/s}$ (in mandata a soffitto)

$v_{2aria} = 5\text{m/s}$ (in ripresa a pavimento)

Si tiene conto del fatto che, lavorando con delle travi alveolari, lo spazio per i condotti a soffitto è di $0,48\text{m}^2$ per sala polivalente e foyer, mentre per gli spazi espositivi è di $0,6\text{m}^2$.
Lo spazio per i condotti a pavimento invece è di $35 \times 80\text{cm}$ per tutti gli ambienti.

<u>FUORI TERRA</u>	ψ [m ³ /h]	Am [m ²]	Ar [m ²]
<i>Piano 3</i>			
Ufficio Amministrazione	747	0,07	0,04
Archivio	121	0,01	0,01
<i>Piano 2</i>			
Sala Studio	2575	0,24	0,14
Archivio	121	0,01	0,01
<i>Piano 1</i>			
Aula Seminari 1	3087	0,29	0,17
Aula seminari 2	3400	0,31	0,19
Aula didattica	3241	0,30	0,18
Area relax	1927	0,18	0,11
<i>Piano Terra</i>			
Bar	15161	1,40	0,84
Ufficio arrivo opere	151	0,014	0,0084
<u>INTERRATO</u>			
<i>Interrato -1</i>			
Deposito	747	0,07	0,04
Magazzino 1	297	0,03	0,02
Magazzino 2	211	0,02	0,01
Laboratorio 1	189	0,02	0,01
Laboratorio 2	203	0,02	0,01
Laboratorio 3	244	0,02	0,01
Spogliatoi	842	0,08	0,05
<i>Interrato -2</i>			
Spazio catering	130	0,01	0,01
Magazzino 3	135	0,01	0,01

_MANDATA

	CONDOTTI		BOCCHETTE		
	Dimensione [cm]	Numero	ψ [m ³ /h]	Numero	Tipologia
<u>FUORI TERRA</u>					
<i>Piano 3</i>					
Ufficio Amministrazione	18x40	1	200	4	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Archivio	10x10	1	200	1	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<i>Piano 2</i>					
Sala Studio	40x30	2	200	13	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Archivio	10x10	1	200	1	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<i>Piano 1</i>					
Aula Seminari 1	40x40	2	200	15	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Aula seminari 2	40x40	2	200	17	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Aula didattica	40x40	2	200	16	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Area relax	25x40	2	200	10	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<i>Piano Terra</i>					
Bar	40x70	5	200	76	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
Ufficio arrivo opere	10x15	1	150	1	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<u>INTERRATO</u>					
<i>Interrato -1</i>					
Deposito	18x40	1	400	2	NR25 MOD. DQ 1/4 diffusore quadrato a 4 vie 150x150mm Criotherm
Magazzino 1	15x20	1	150	2	KAM-W 150 Madel Ugello a lunga gittata
Magazzino 2	10x20	1	150	1	KAM-W 150 Madel Ugello a lunga gittata
Laboratorio 1	10x20	1	150	2	KAM-W 150 Madel Ugello a lunga gittata
Laboratorio 2	10x20	1	150	2	KAM-W 150 Madel Ugello a lunga gittata
Laboratorio 3	10x20	1	150	2	KAM-W 150 Madel Ugello a lunga gittata
Spogliatoi	20x40	1	200	4	KAM-W 200 Madel Ugello a lunga gittata
<i>Interrato -2</i>					
Spazio catering	10x10	1	200	1	NR25 BC Bocchetta di mandata 100x200mm Criotherm
Magazzino 3	10x10	1	200	1	NR25 BC Bocchetta di mandata 100x200mm Criotherm

_RIPRESA

	CONDOTTI		BOCCHETTE		
	Dimensione [cm]	Numero	ψ [m³/h]	Numero	Tipologia
<u>FUORI TERRA</u>					
<i>Piano 3</i>					
Ufficio Amministrazione	20x20	1	400	2	LMT-S Madel 150x200mm
Archivio	10x10	1	400	1	LMT-S Madel 150x200mm
<i>Piano 2</i>					
Sala Studio	35x40	1	700	4	LMT-S Madel 250x300mm
Archivio	10x10	1	400	1	LMT-S Madel 150x200mm
<i>Piano 1</i>					
Aula Seminari 1	40x42	1	700	4	LMT-S Madel 250x300mm
Aula seminari 2	40x50	1	700	5	LMT-S Madel 250x300mm
Aula didattica	40x45	1	700	5	LMT-S Madel 250x300mm
Area relax	40x28	1	700	3	LMT-S Madel 250x300mm
<i>Piano Terra</i>					
Bar	40x50	4	800	19	LMT-S Madel 400x250mm
Ufficio arrivo opere	8x10	1	400	1	LMT-S Madel 150x200mm
<u>INTERRATO</u>					
<i>Interrato -1</i>					
Deposito	20x20	1	400	2	LMT-S Madel 150x200mm
Magazzino 1	10x20	1	200	2	LMT-S Madel 150x100mm
Magazzino 2	10x10	1	200	2	LMT-S Madel 150x100mm
Laboratorio 1	10x10	1	200	1	LMT-S Madel 150x100mm
Laboratorio 2	10x10	1	200	2	LMT-S Madel 150x100mm
Laboratorio 3	10x10	1	200	2	LMT-S Madel 150x100mm
Spogliatoi	5x10	1	400	2	LMT-S Madel 150x200mm
<i>Interrato -2</i>					
Spazio catering	10x10	1	200	1	LMT-S Madel 150x100mm
Magazzino 3	10x10	1	200	1	LMT-S Madel 150x100mm

DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIE DELL'U.T.A**UTA 4 Depositi e magazzini****1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO****CONDIZIONI DI TEMPERATURA**

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immissione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

aria = 1,2 Kg/m³

$$\Delta h_f = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h_c = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Q_f = \Delta h_f \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO

$$Q_c = \Delta h_c \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Q PARZIALE

[kw]

Deposito	24,90	1,743	26,648
Magazzino 1	9,89	0,692	10,583
Magazzino 2	7,04	0,492	7,528
Spazio catering	4,33	0,000	4,327
Magazzino 3	4,50	0,315	4,817

Qf TOT= 50,66 Qc TOT = 3,24 Qestivo TOT = 53,90

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO**CONDIZIONI DI TEMPERATURA**

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immissione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h_1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h_2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_1 = \Delta h_1 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_2 = \Delta h_2 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Deposito	14,87	Deposito	9,71
Magazzino 1	5,90	Magazzino 1	3,86
Magazzino 2	4,20	Magazzino 2	2,74
Spazio catering	2,58	Spazio catering	1,69
Magazzino 3	2,69	Magazzino 3	1,76

Q1 TOT= 30,24 Q2 TOT= 19,76

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo è diminuito di un mezzo, garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

$$\psi \text{ tot [m}^3/\text{h]} = 1520$$

Modello

$$\text{NCD 2 Aermec } \psi[\text{m}^3/\text{h}] = 1958$$

UTA 5_Laboratori e spogliatoi

1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immissione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

aria = 1,2 Kg/m³

$$\Delta h_f = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h_c = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Q_f = \Delta h_f \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO

$$Q_c = \Delta h_c \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Q PARZIALE

[kw]

Laboratorio 1	6,30	0,441	6,737
Laboratorio 2	6,76	0,473	7,231
Laboratorio 3	8,14	0,570	8,714
Spogliatoi	28,06	1,964	30,023

Qf TOT= 49,26

Qc TOT = 3,45

Qestivo TOT = 52,71

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immissione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h_1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_1 = \Delta h_1 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Laboratorio 1	3,76
Laboratorio 2	4,03
Laboratorio 3	4,86
Spogliatoi	16,75

Q1 TOT= 29,41

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h_2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_2 = \Delta h_2 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Laboratorio 1	2,46
Laboratorio 2	2,64
Laboratorio 3	3,18
Spogliatoi	10,94

Q2 TOT= 19,21

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo è diminuito di un mezzo, garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

$\psi \text{ tot [m}^3/\text{h]} = 1478$

Modello

NCD 2 Aermec $\psi[\text{m}^3/\text{h}] = 1958$

UTA 6_Bar e Uffici

1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immissione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

paria = 1,2 Kg/m3

$$\Delta h_f = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h_c = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Q_f = \Delta h_f \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO

$$Q_f = \Delta h_c \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Q PARZIALE

[kw]

Ufficio Amministrazione	24,89	1,742	26,63
Archivio	4,05	0,283	4,332
Sala Studio	85,84	6,008	91,84
Archivio	4,05	0,283	4,332
Bar	505,38	0,003	505,382
Ufficio arrivo opere	5,02	0,00003	5,024

Qf TOT= 629,22 Qc TOT = 8,32 Qestivo TOT = 637,55

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immissione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h_1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_1 = \Delta h_1 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Ufficio Amministrazione	14,86
Archivio	2,42
Sala Studio	51,24
Archivio	2,42
Bar	301,71
Ufficio arrivo opere	3,00

Q1 TOT= 375,65

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h_2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_2 = \Delta h_2 \cdot \gamma_{aria} \text{ [KW]}$$

Ufficio Amministrazione	9,71
Archivio	1,58
Sala Studio	33,48
Archivio	1,58
Bar	197,10
Ufficio arrivo opere	1,96

Q2 TOT= 245,40

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo è diminuito di un mezzo, garantendo le stesse condizioni di comfort termoigrometrico.

$\psi \text{ tot [m3/h]} = 18877$

Modello

NCD 14 Aermec $\psi[\text{m3/h}] = 19742$

UTA 7_Area Relax e aule seminari

1 - CARICO ESTIVO:RAFFRESCAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	35	80	29	110
immissione	12	60	4	17
punto Q	0	100	4	10

paria = 1,2 Kg/m³

$$\Delta h_f = h_e - h_q = 100 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h_c = h_i - h_q = 7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

$$Q_f = \Delta h_f \cdot \text{varia} \text{ [KW]}$$

BATTERIA DI POSTRISCALDAMENTO

$$Q_c = \Delta h_c \cdot \text{varia} \text{ [KW]}$$

Q PARZIALE

[kw]

Aula Seminari 1	102,91	7,203	110,108
Aula seminari 2	113,32	7,932	121,249
Aula didattica	108,02	7,562	115,585
Area relax	64,22	4,495	68,716

Qf TOT= 388,47 Qc TOT = 27,19 Qestivo TOT = 415,66

2 - CARICO INVERNALE: RISCALDAMENTO

CONDIZIONI DI TEMPERATURA

	T [°C]	φ [%]	x [g/Kg]	h [KJ/Kg]
esterno	-5	80	2,2	0,5
immissione	40	16	7,8	60,2
punto C	16	14	2,2	21,2

Ipotizzando di usare un recuperatore di calore, è possibile diminuire il consumo dell'Unità di Trattamento dell'Aria.

Attraverso questo accorgimento, si sposta la temperatura dell'aria esterna dai -5°C ai 16°C (Punto C), in maniera tale da diminuire il salto termico e ridurre i consumi.

2a - Calcolo senza recuperatore di calore

$$\Delta h_1 = h_i - h_e = 59,7 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_1 = \Delta h_1 \cdot \text{varia} \text{ [KW]}$$

Aula Seminari 1	61,43
Aula seminari 2	67,65
Aula didattica	64,49
Area relax	38,34

Q1 TOT= 231,91

2b - Calcolo con recuperatore di calore

$$\Delta h_2 = h_i - h_c = 39 \text{ KJ/Kg}$$

BATTERIA DI RISCALDAMENTO

$$Q_2 = \Delta h_2 \cdot \text{varia} \text{ [KW]}$$

Aula Seminari 1	40,13
Aula seminari 2	44,19
Aula didattica	42,13
Zona relax	25,05

Q2 TOT= 151,50

Mettendo a confronto i consumi di un U.T.A. abbinata ad un recuperatore di calore ed una senza, si nota subito l'indubbio vantaggio del recuperatore. con un recuperatore di calore, il consumo è diminuito di un mezzo, garantendo le stesse condizioni di comfort termolgrometrico.

$$\psi \text{ tot [m}^3\text{/h]} = 11654$$

Modello

$$\text{NCS 11 Aermec } \psi \text{ [m}^3\text{/h]} = 13857$$

DIMENSIONAMENTO DELLE POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA

POMPA 3_Locali Interrati

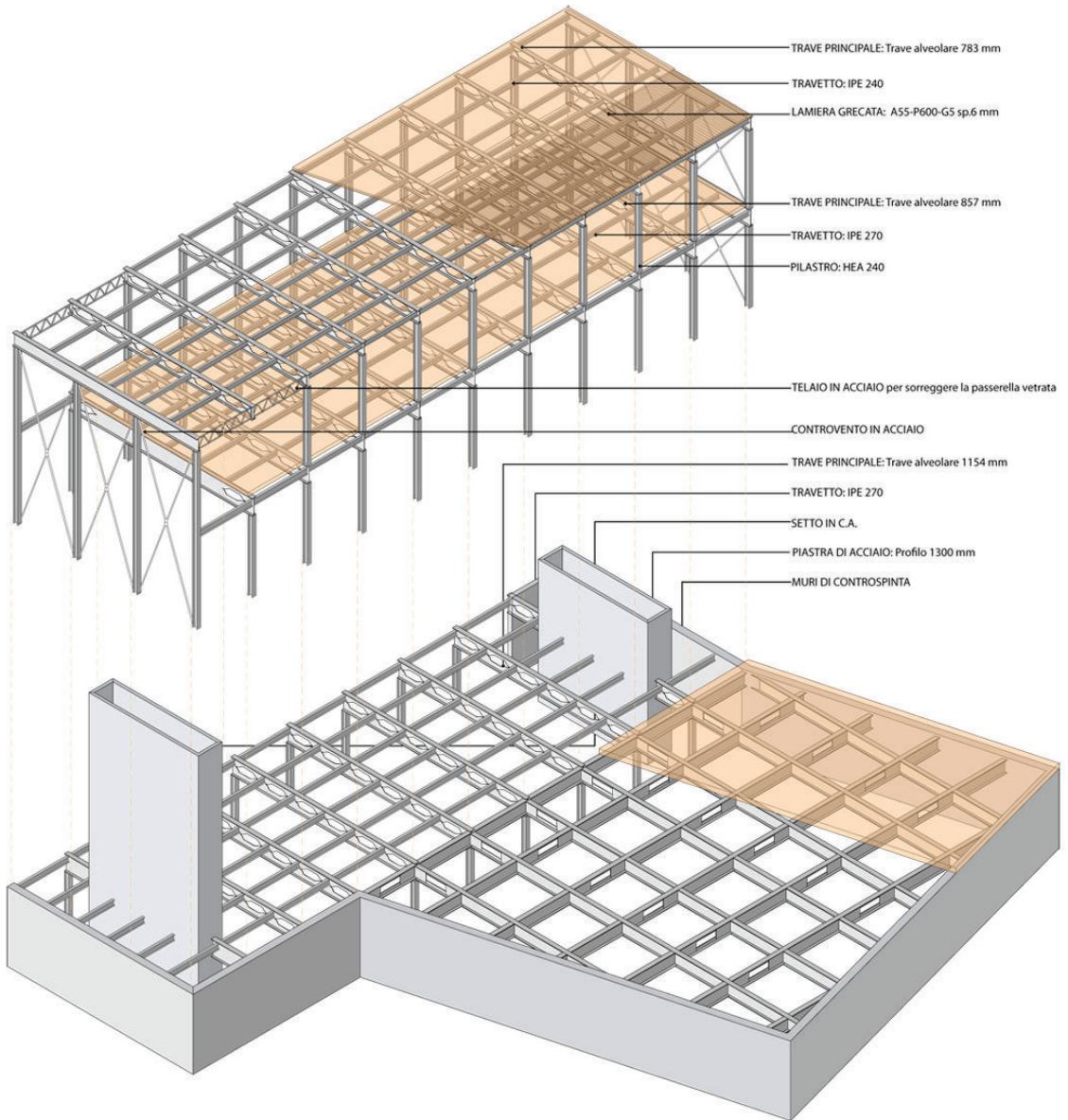
	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]
Dispersioni Invernali	9,48	10,204	1,477		21,166
Dispersioni Estive	5,31	7,143	0,934	0,88	14,268
	Modello	Potenza termica [kW]	Potenza frigorifera [kW]		
Pompa di calore 3	NRW 77H Aermec	26,8	19,6		

POMPA 4_Locali fuori terra

	Qt [kW]	Qv [kW]	Qpt [kW]	Qa [kW]	Qtot [kW]
Dispersioni Invernali	12,78	91,307	7,807		111,899
Dispersioni Estive	13,95	63,915	5,840	61,62	145,326
	Modello	Potenza termica [kW]	Potenza frigorifera [kW]		
Pompa di calore 4	NXW 0600 Aermec	161	149		

Il Gruppo frigorifero è costituito da due pompe di calore in serie, in modo da poter ottimizzare l'apporto di energia termica all'edificio, in caso di utilizzo dello stesso non a pieno regime. Inoltre, la decisione di impiegare due pompe di calore risulta utile in previsione di una possibile rottura di uno dei due gruppi, in modo da non mandare in blocco l'intero sistema di climatizzazione.

PROGETTO STRUTTURALE



1.PIANTA LIBERA ED OTTIMIZZAZIONE DEGLI SPAZI TECNICI

Il progetto di un Museo pone molti problemi dal punto di vista strutturale, poiché la richiesta di grandi spazi liberi e flessibili impone l'esistenza di grandi luci da dover coprire.

Il dover rispettare però delle altezze imposte e dei costi contenuti obbliga a pensare delle strutture solide, ma allo stesso tempo facilmente realizzabili e che si integrino con il nuovo edificio, permettendo il collegamento con ciò che già esiste. La necessità inoltre di climatizzare ambienti di cubature molto elevate richiede di pensare ad un sistema strutturale, che ottimizzi gli spazi tecnici e quelli relativi alla struttura portante.

In quest'ottica, si è riletto il sistema trilitico originario, riproponendolo come una struttura in acciaio composta da pilastri HEA240 e travi alveolari, in modo tale da far coincidere l'ossatura portante con gli spazi impiantistici.

Un altro tipo di ragionamento è stato invece fatto per quanto riguarda la copertura dello spazio espositivo più ampio, cioè il Loft.

Questo ambiente, in cui la luce massima raggiunge i 25 metri, è previsto l'allestimento di grandi installazioni temporanee, piuttosto che la messa in scena di spettacoli di arte contemporanea, quindi la richiesta del Committente è di avere uno spazio il più libero e flessibile possibile.

Ragionando su questo, si è giunti alla decisione di realizzare una griglia di acciaio, con profili in parte forati, che lavora in simbiosi ad una soletta gettata di calcestruzzo.

L'andamento dell'orditura principale di questa griglia segue quello dell'orditura principale del sistema a telaio, in modo da far lavorare al meglio le due strutture adiacenti.

Un altro problema che ci si è posti è quello della passerella vetrata.

Il sistema di collegamento tra nuovo e antico nucleo avviene attraverso dei passaggi vetrati sospesi, i quali sono ancorati tramite un telaio reticolare alla struttura principale, inoltre sono pensati come elementi costituiti da due travi reticolari accoppiate che reggono la struttura della passerella e della relativa copertura.

DIMENSIONAMENTO ORDITURA MAGGIORMENTE SOLLECITATA

vengono considerati profili realizzati in acciaio S355, quindi con $\sigma_{amm} = 24 \text{ kN/cm}^2$ e $\tau_{amm} = 13,8 \text{ kN/cm}^2$

COPERTURA

trave secondaria_IPE240

luce trave L [m] 4,16
area influenza ω 2,25
Q1 [kN/m²] 3,83

peso lamiera [kN/m²] = 0,07
peso getto di cls [kN/m²] = 2,3
peso lamiera e getto [kN/m²] = 2,37

considerati questi dati, si userà una lamiera grecata spessore 0,6mm
area lamiera grecata [m²] 0,014

Qtot [kN/m] 14,4

$M_{max} = qL^2/8$ $W_x = M_{max}/\sigma$
Mmax [kNm] 31,08 **Wx [cm³] = 129,51**
volendo impiegare dei profili IPE, si userà un IPE180 con $W_x = 146 \text{ cm}^3$

_calcolo delle deformazioni ammissibili
 $f_{amm} = L/500$ $J = (5/384) * (qL^4/Ef_{amm})$
famm [cm] = 0,83 **J [cm⁴] = 3206,87**
è necessario impiegare una IPE240 con $J = 3892 \text{ cm}^4$ poiché quello della IPE180 è 1317 cm^4

$\sigma_{profilo} = M/W$ $\tau_{profilo} = T * S_x / tw * J_y$
oprof [kN/c] 9,59 **trof [kN/cm²] 0,32**

Il profilo **IPE240** è verificato per il solaio di copertura

trave principale_HEB550

luce trave L[m] 13,5
area influenza ω 4,16
si ipotizza il peso della trave principale a $0,6 \text{ kN/m}$

_verifica della maggiorazione delle travi secondarie
carico sulla secondaria maggiorato 14,4
carico sulla secondaria reale [kN/m] 14,0
0,4
peso IPE240 = $0,3 \text{ kN/m}$ quindi la maggiorazione è verificata
N peso trave secondaria [kN] = 59,77

_dimensionamento della trave
 $W_x = M_{max}/\sigma$
Mmax [kNm] = 1159,4 **Wx [cm³] = 4830,83**
volendo impiegare dei profili HEB, si userà un HEB550 che il suo $W = 4971 \text{ cm}^3$

_calcolo delle deformazioni ammissibili
 $f_{amm} = L/500$ $J = (5/384) * (qL^4/Ef_{amm})$
famm [cm] = 2,7 **J [cm⁴] = #####**
Un profilo HEB550 assolve il compito poiché $J = 136690 \text{ cm}^4$

$\sigma_{profilo} = M/W$ $\tau_{profilo} = T * S_x / tw * J_y$
oprof [kN/cm] 23,32 **trof [kN/cm²] 1,91**

Il profilo **HEB550** è verificato per il solaio di copertura. Adottando però delle travi alveolari, per alleggerire la struttura e per permettere il passaggio degli impianti, si impiega un trave alveolare d

SOLAIO SALA POLIVALENTE

trave secondaria_ IPE270

luce trave L [m] 4,16
area influenzata 2,25
Q1 [kN/m2] 6,15

peso lamiera [kN/m2]= 0,10
peso getto di cls [kN/m2]= 2,3
peso lamiera e getto [kN/m2]: 2,40

considerati questi dati, si userà una lamiera grecata spessore 0,8mm
area lamiera grecata [m. 0,014

Qtot [kN/m]: 19,8

$M_{max} = qL^2/8$

Mmax [kNm] 42,88

$W_x = M_{max}/\sigma$

Wx [cm3]= 178,68

volendo impiegare dei profili IPE, si userà un IPE200 con $W_x = 194 \text{cm}^3$

calcolo delle deformazioni ammissibili

$f_{amm} = L/500$

famm [cm]= 0,83

$J = (5/384) * (qL^4/Ef_{amm})$

J [cm4]= 4424,44

è necessario impiegare una IPE270 con $J = 5790 \text{cm}^4$ poiché quello della IPE200 è 1943cm^4

$\sigma_{profilo} = M/W$

oprof [kN/cm] 10,00

$\tau_{profilo} = T * S_x / t_w * J_y$

trprof [kN/cm2] 0,37

Il profilo **IPE270** è verificato per il solaio della sala polivalente

trave principale_ HEB600

luce trave L[m] 13,5
area [m]= 4,16

si ipotizza il peso della trave principale a 0,6 kN/m

verifica della maggiorazione delle travi secondarie

carico sulla secondaria maggiorato 19,8
carico sulla secondaria reale [kN/m] 19,2
0,6

peso IPE270=0,36 kN/m quindi la maggiorazione è verificata.

N peso trave secondaria [kN]= 82,47

dimensionamento della trave

$W_x = M_{max}/\sigma$

Mmax [kNm]: 1297,2

Wx [cm3]= 5404,83

volendo impiegare dei profili HEB, si userà un HEB600 poiché il suo $W = 5701 \text{cm}^3$

calcolo delle deformazioni ammissibili

$f_{amm} = L/500$

famm [cm]= 2,7

$J = (5/384) * (qL^4/Ef_{amm})$

J [cm4]= #####

Il profilo HEB600 assolve il compito poiché $J = 171040 \text{cm}^4$

$\sigma_{profilo} = M/W$

oprof [kN/cm] 22,75

$\tau_{profilo} = T * S_x / t_w * J_y$

trprof [kN/cm2] 1,99

Il profilo **HEB600** è verificato per il solaio della sala polivalente. Adottando però delle travi alveolari, per alleggerire la struttura e per permettere il passaggio degli impianti, si impiega un trave alveolare

SOLAIO FOYER E GALLERIA

trave secondaria_IPE270

luce trave L [l] 4,16
area infleunz 2,25
Q1 [kN/m2] 7,15

peso lamiera [kN/m2]= 0,13
peso getto di cls [kN/m2]= 2,3
peso lamiera e getto [kN/m2]: 2,43

considerati questi dati, si userà una lamiera grecata spessore 1mm
area lamiera grecata [m. 0,014

Qtot [kN/m. 22,2

$M_{max}=qL^2/8$ $W_x=M_{max}/\sigma$
Mmax [kNm 48,03 **Wx [cm3]= 200,11**
volendo impiegare dei profili IPE, si userà un IPE220 con $W_x=252cm^3$

calcolo delle deformazioni ammissibili

$famm=L/500$ $J=(5/384)*(qL^4/Efamm)$
famm [cm]= 0,83 **J [cm4]= 4955,13**
è necessario impiegare una IPE270 con $J=5790cm^4$ poiché quello della IPE220 è $2772cm^4$

$\sigma_{profilo}=M/W$ $\tau_{profilo}=T*S_x/tw*J_y$
oprof [kN/c 11,20 **tprof [kN/cm2. 0,42**

Il profilo **IPE270** è verificato per il solaio del Foyer

trave principale_HEA800

luce trave L[m] 13,5
area [m]= 4,16
si ipotizza il peso della trave principale a 0,6 kN/m

verifica della maggiorazione delle travi secondarie
carico sulla secondaria maggiorato 22,2
carico sulla secondaria reale [kN/m 21,6
0,6

peso IPE270=0,0,36 kN/m quindi la maggiorazione è verificata
N peso trave secondaria [kN]= 92,36

dimensionamento della trave

$W_x=M_{max}/\sigma$
Mmax [kNm]: 1570,5 **Wx [cm3]= 6543,75**
volendo impiegare dei profili HEB, si userà un HEB700 poiché il suo $W=7340cm^3$

calcolo delle deformazioni ammissibili

$famm=L/500$ $J=(5/384)*(qL^4/Efamm)$
famm [cm]= 2,7 **J [cm4]= #####**
Il profilo HEB700 assolve il compito poiché $J=256900cm^3$

$\sigma_{profilo}=M/W$ $\tau_{profilo}=T*S_x/tw*J_y$
oprof [kN/cm 21,40 **tprof [kN/cm2 26,64**

Il profilo HEB700 non è verificato alle tensioni ammissibili, quindi si passerà ad un HEB800

oprof [kN/cm 17,49 **tprof [kN/cm2 3,08**

Il profilo **HEB800** è verificato per il solaio del foyer. Adottando però delle travi alveolari, per alleggerire la struttura e per permettere il passaggio degli impianti, si impiega un trave alveolare d

PILASTRO Più SOLLECITATO

dimensionamento del profilo

carico solaio copertura N1= 307,65
carico solaio sala polivalente N2= 344,9
carico solaio foyer N3= 413,75
carico solaio galleria N4= 413,75
carico solaio loft N5= 307,25
N tot 1787,3

$\sigma_{amm}=24 kN/cm^2$ $A=N/\sigma_{amm}$

A [cm2]= 74,47 si sceglie un HEA240 con $A=76,8cm^2$ **P [kg/m] 60,3** **h [m] 5,5** **oprof [cm] 6**

verifica delle inflessioni ammissibili

considerando il pilastro incastrato a terra e incernierato ad un estremo, $l_0=2/3*H$ dove H è l'altezza libera di interpiano

$H [m] = 5,5$
 $l_0 [m] = 2/3* 3,67$

$\lambda_{max}=150$ $\rho_{min}=l_0/\lambda$ $\lambda=l_0/\rho_{prof}$
\rho_{min} [cr 2,44 **\lambda = 61,11**

il profilo HEA240 è verificato rispetto alle condizioni di progetto.

In sede progettuale viene impiegato un acciaio S355, quindi ai fini del calcolo strutturale si considerano $\sigma_{amm}=240$ N/mm² e $\tau_{amm}= 138$ N/mm²

VERIFICA DELLA SEZIONE DELLA TRAVE PIENA DELLA PIASTRA

Dimensioni geometriche

	b [mm]	h [mm]	A [mm ²]	G area
Ala sup	500	70	35000	1265
Anima	30	1200	36000	630
Ala inf	500	30	15000	15
Sezione complessiva	500	1300	86000	

	S [mm ³]	I [mm ⁴]	Mtra [mm ⁴]
Area 1	-4,4E+07	14291667	8,193E+09
Area 2	-2,3E+07	4,32E+09	822606814
Area 4	-225000	1125000	8,805E+09
Tot	-6,7E+07	4,34E+09	1,782E+10
		Iy [mm ⁴]	2,216E+10

Verifica del profilo

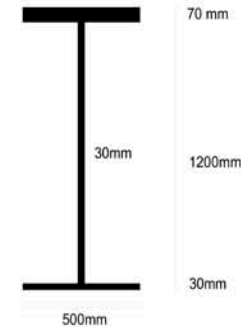
σ_{max} [N/mm ²]	29,6999	σ_i [N/mm ²]	30,4856
τ_{max} [N/mm ²]	-3,9702		

Posizione Baricentro

	y	z
baricentr	0	-781,16

Forze a cui è sottoposto il profilo

M [Nmm]	T [N]	Mt [Nmm]
1,36E+09	654703	1100000



VERIFICA DELLA SEZIONE DELLA TRAVE FORATA DELLA PIASTRA

Dimensioni geometriche

	b [mm]	h [mm]	A [mm ²]	G area
Ala sup	500	70	35000	1265
Anim sup	30	350	10500	1055
Foro	30	500		
Anim inf	30	350	10500	205
Ala inf	500	30	15000	15
Sezione complessiva	500	1300	71000	

	S [mm ³]	I [mm ⁴]	Mtra [mm ⁴]
Area 1	-4,4E+07	14291667	7,148E+09
Area 2	-1,1E+07	1,07E+08	614421060
Area 3	-2152500	1,07E+08	3,883E+09
Area 4	-225000	1125000	9,554E+09
Tot	-5,8E+07	2,3E+08	2,12E+10
		Iy [mm ⁴]	2,143E+10

Verifica del profilo

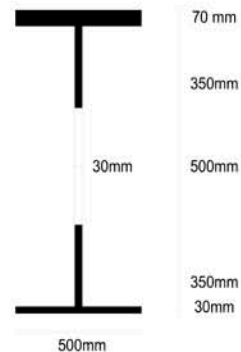
σ_{max} [N/mm ²]	28,6815	σ_i [N/mm ²]	29,1542
τ_{max} [N/mm ²]	-3,01874		

Posizione Baricentro

	y	z
baricentr	0	-813,1

Forze a cui è sottoposto il profilo

M [Nmm]	T [N]	Mt [Nmm]
1,36E+09	560265	1100000



VERIFICA A TAGLIO

$$\tau = T_d / 2A_{tot} \quad \text{quindi per calcolare l'area } A_{tot} = T_d / 2\tau$$
$$T_{rif} = 2A_{tot} \cdot f_{tb} > T_d$$

Viene impiegato un acciaio S355 quindi

$$\tau_{amm} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 138$$

Si prendono in considerazione bulloni di classe 6.8 quindi

$$f_{yb} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 480$$

$$f_{tb} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 600$$

1 Bulloni sulla trave secondaria

Da progetto, i bulloni sulla trave secondaria sono 4

$$T \text{ [N]} = 64280$$

$$T_{rif} \text{ [N]} = 279478$$

La T di progetto è minore della T ammissibile, quindi il sistema è verificato.

$$A_{tot} \text{ [mm}^2\text{]} = 232,90$$

$$A_b \text{ [mm}^2\text{]} = 58$$

$$\text{Diametro } d \text{ [mm]} = 8,61$$

Si impiegheranno quattro bulloni a testa esagonale UNI 5727

TDE filettatura metrica ISO a passo grosso da 10mm di diametro

2 Bulloni sulla trave principale

Da progetto, i bulloni sulla trave principale sono 4

$$T \text{ [N]} = 358780$$

$$T_{rif} \text{ [N]} = 1559913$$

La T di progetto è minore della T ammissibile, quindi il sistema è ver.

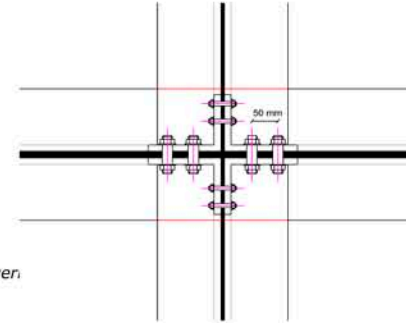
$$A_{tot} \text{ [mm}^2\text{]} = 1299,93$$

$$A_b \text{ [mm}^2\text{]} = 325$$

$$\text{Diametro } d \text{ [mm]} = 20,35$$

Si impiegheranno quattro bulloni a testa esagonale UNI 5727

TDE filettatura metrica ISO a passo grosso da 22mm di diametro



VERIFICA A RIFOLLAMENTO

$$\sigma = T_d / dt \quad \text{quindi per calcolare il diametro della foratura } d = T_d / \sigma t$$
$$T_{rif} = 2d \cdot t \cdot f_{tb} > T_d$$

Viene impiegata una piastra spessa 15mm di acciaio S355 quindi

$$\sigma_{amm} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 240$$

Si prendono in considerazione bulloni di classe 6.8 quindi

$$f_{yb} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 480$$

$$f_{tb} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 600$$

1 Bulloni sulla trave secondaria

Da progetto, i bulloni sulla trave secondaria sono 4

$$T \text{ [N]} = 64280$$

$$T_{rif} \text{ [N]} = 321400$$

La T di progetto è minore della T ammissibile, quindi il sistema è verificato.

$$d \text{ [mm]} = 17,86$$

La foratura massima per bullone è di $d=17,86$ mm, quindi si

possono impiegare i bulloni di $d=10$ mm dimensionati.

2 Bulloni sulla trave principale

Da progetto, i bulloni sulla trave principale sono 4

$$T \text{ [N]} = 358780$$

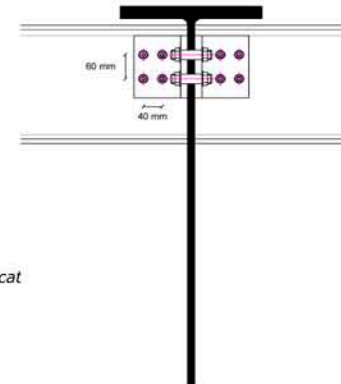
$$T_{rif} \text{ [N]} = 1793900$$

La T di progetto è minore della T ammissibile, quindi il sistema è verificat

$$d \text{ [mm]} = 99,66$$

La foratura massima per bullone è di $d=99,66$ mm, quindi si

possono impiegare i bulloni di $d=22$ mm dimensionati.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

"Il rapporto tra architettura e verde urbano: la ridefinizione del margine e dell'accesso al Parco delle Basiliche", Tesi di Laurea in Architettura

Studente: Massimiliano Gini, Relatore: Prof. Emilio Battisti

Politecnico di Milano, a.a. 1997/1998

"I chiostrì di Sant'Eustorgio a Milano: Progetto di ampliamento del Museo Diocesano", Tesi di Laurea in Architettura

Studente: Federica Granata/Valentina Speciale, Relatore: Prof. Angelo Torricelli,

Politecnico di Milano, a.a. 2007/2008

"La Basilica di Sant'Eustorgio", a cura di Paolo Biscottini,

Skira, Milano 1999

"Il vuoto, riflessioni sullo spazio in architettura", Fernando Espuelas

Christian Marinotti Edizioni, Milano 2004

"Il progetto del vuoto: Public space in motion 2000-2004", Isotta Cortesi

Alinea Editrice, Perugia 2004

"La qualità rarefatta, Considerazioni sull'influenza del vuoto nella costruzione dell'Architettura", Pietro Zennaro

Serie di Architettura Francoangeli, Milano 2007

"L'architettura del '400 a Milano", Luciano Patetta

Edizioni Città Studi, Milano 1987